COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Análisis del costo de las demoras del autotransporte de carga en los ejes troncales carreteros

José Elías Jiménez Sánchez
Marisol Barrón Bastida

Publicación Técnica No. 816
Querétaro, México
2024

ISSN 0188-7297

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Transporte Integrado y Logística (CTIL) del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), por el Dr. José Elías Jiménez Sánchez con el apoyo de la maestra Marisol Barrón Bastida.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna TI-11/24 Análisis de las demoras del autotransporte federal de carga en los ejes de transporte.

Se agradecen los comentarios del Dr. Carlos Daniel Martner Peyrelongue, Coordinador de la CTIL del IMT; y la revisión para la corrección de estilo del Dr. Alfonso Herrera que sus observaciones fueron muy atinadas para mejorar le trabajo.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores (as) y no necesariamente reflejan los puntos de vista del Instituto Mexicano del Transporte.

Tabla de Contenido

Página

Sinopsis xiii

Abstract xv

Introducción 1

1. Ejes carreteros 7

1.1 TDPA en los ejes carreteros 8

1.2 TDPA vehículos pesados 12

1.3 Nivel de servicio 16

2. Metodología para determinar el costo de las demoras del autotransporte de carga 17

2.1 Datos viales 18

2.2 Velocidad en flujo libre en carretera de dos carriles 19

2.3 Velocidad en flujo libre carretera multicarril 21

2.4 Volumen de servicio 22

2.5 Cálculo de la velocidad promedio afectada por el TDPA 23

2.6 Costo de la demora del transporte de carga 24

3. Análisis de los costos de las demoras del autotransporte de carga 25

3.1 Costo horario de la estadía de los camiones considerados 26

3.2 Resultados del costo de las demoras por eje carretero 27

3.2.1 Resultados globales 28

3.2.2 Ejes carreteros por segmentos 32

3.2.2.1 Eje carretero México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras 32
3.2.2.2 Eje carretero Querétaro-Ciudad Juárez 38
3.2.2.3 Eje carretero México-Nogales 43
3.2.2.4 Eje carretero México-Puebla-Progreso 48
3.2.2.5 Eje carretero Transpeninsular de Yucatán 52
3.2.2.6 Eje carretero Transpeninsular de Baja California 57
3.2.2.7 Eje carretero Costera Pacífico 62
3.2.2.8 Eje carretero Veracruz- Monterrey 67
3.2.2.9 Eje carretero Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo 72
3.2.2.10 Eje carretero Mazatlán-Matamoros 77
3.2.2.11 Eje carretero Manzanillo-Tampico 82
3.2.2.12 Eje carretero El Altiplano 87
3.2.2.13 Eje carretero México-Tuxpan 93
3.2.2.14 Eje carretero Acapulco-Veracruz 97
3.2.2.15 Eje carretero Circuito Transístmico 102
Conclusiones 107
Bibliografía 109

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Longitud (km) por rangos de volumen total (A+B+C) 9
Tabla 1.2 Longitud (km) por rangos de volumen de vehículos pesados (B+C) 13
Tabla 1.3 Longitud (km) por nivel de servicio 16
Tabla 2.1 Factor de ajuste por ancho de carril y ancho de acotamiento ... 20
Tabla 2.2 Factor ajuste por número de puntos de acceso por km 20
Tabla 2.3 Factor de ajuste asociado al ancho de carril 21
Tabla 2.4 Ajuste de velocidad debido a la distancia libre lateral 22
Tabla 2.5 Ajuste por tipo de faja separadora 22
Tabla 2.6 Ajuste de la velocidad debido al número de accesos 22
Tabla 3.1 Costo de estadía de los camiones de carga 27
Tabla 3.2 Ejes de troncales carreteros 27
Tabla 3.3 Segmentos carreteros eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras 32
Tabla 3.4 Segmentos carreteros eje Querétaro-Cd. Juárez 38
Tabla 3.5 Segmentos carreteros México-Nogales 43
Tabla 3.6 Segmentos carreteros México-Puebla-Progreso 48
Tabla 3.7 Segmentos carreteros Transpeninsular de Yucatán 53
Tabla 3.8 Segmentos carreteros Transpeninsular de Baja California 57
Tabla 3.9 Segmentos carreteros Costera Pacífico 63
Tabla 3.10 Segmentos carreteros Veracruz-Monterrey 68
Tabla 3.11 Segmentos carreteros Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo 72
Tabla 3.12 Segmentos carreteros Mazatlán-Matamoros 77
Tabla 3.13 Segmentos carreteros Manzanillo-Tampico 83
Tabla 3.14 Segmentos carreteros El Altiplano 88
Tabla 3.15 Segmentos carreteros México-Tuxpan 93
Tabla 3.16 Segmentos carreteros Acapulco-Veracruz 98

Tabla 3.17 Segmentos carreteros Circuito Transísmico 102

Índice de Figuras

Figura 1.1 Ejes carreteros 8
Figura 1.2 Porcentaje de longitud de la red de ejes carreteros ocupada por rangos de volúmenes vehiculares 11
Figura 1.3 TDPA principales corredores 11
Figura 1.4 TDPA 2022 principales ejes carreteros todos los vehículos 12
Figura 1.5 Porcentaje de longitud de la red de ejes carreteros ocupada por rangos de volúmenes de vehículos pesados 15
Figura 1.6 TDPA 2022 principales ejes carreteros vehículos pesados 15
Figura 2.1 Enfoques para medir el impacto del congestionamiento 17
Figura 2.2 Metodología generalizada utilizada para calcular las demoras 18
Figura 2.3 Datos viales 19
Figura 3.1 Características de las carreteras 26
Figura 3.2 Costo de las demoras por día por los 15 ejes carreteros analizados (cifras en millones de pesos) 28
Figura 3.3 Costo anual de las demoras por los 15 ejes carreteros (cifras en millones de pesos) 28
Figura 3.4 Tasa de crecimiento del costo anual de las demoras de los 15 ejes carreteros analizados 29
Figura 3.5 Costo de las demoras por día en los 15 ejes carreteros analizados (cifras en millones de pesos) 30
Figura 3.6 Costo anual de las demoras de camiones de carga en los 15 ejes carreteros analizados (cifras en millones de pesos) 31
Figura 3.7 Costo anual de las demoras en 2023 en los 15 ejes carreteros analizados (cifras en pesos) 31
Figura 3.8 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras (cifras en millones de pesos) 33
Figura 3.9 Costo anual de las demoras en camiones de carga por segmento carretero del eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras (cifras en millones de pesos) 34

Figura 3.10 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023, por segmento carretero, sobre el eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras (cifras en pesos) 35

Figura 3.11 Velocidad promedio camiones de carga por tramo en el eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras 36

Figura 3.12 Tiempo de demora de camiones de carga por año en el eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras (millones de horas) 37

Figura 3.13 Tiempo de demora de camiones de carga por tramo en el eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras (millones de horas) 37

Figura 3.14 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje Querétaro-Ciudad Juárez (millones de pesos) 38

Figura 3.15 Costo anual de las demoras en camiones de carga por segmento carretero del eje Querétaro-Ciudad Juárez (millones de pesos) 39

Figura 3.16 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Querétaro-Ciudad Juárez (cifras en pesos) 40

Figura 3.17 Velocidad promedio de los camiones de carga por tramo, en el eje Querétaro-Ciudad Juárez 41

Figura 3.18 Tiempo de demora de camiones de carga por año en el eje Querétaro-Ciudad Juárez (millones de horas) 42

Figura 3.19 Tiempos de demora de los camiones de carga por tramo, en el eje Querétaro-Ciudad Juárez (millones de horas) 42

Figura 3.20 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje México-Nogales (cifras en millones de pesos) 43

Figura 3.21 Costo anual de las demoras en camiones de carga por segmento carretero del eje México-Nogales (cifras en millones de pesos) 44

Figura 3.22 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje México-Nogales (cifras en pesos) 45

Figura 3.23 Velocidad promedio de los camiones de carga por tramo en el eje México-Nogales 46

Figura 3.24 Tiempo de demora de camiones de carga por año en el eje México-Nogales (millones de horas) 47

Figura 3.25 Tiempo de demora de camiones de carga por tramo, en el eje Querétaro-Ciudad Juárez (millones de horas)..... 47

Figura 3.26 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje México-Puebla-Progreso (millones de pesos) 49

Figura 3.27 Costo anual de las demoras en camiones de carga por segmento carretero del eje México-Puebla-Progreso (cifras en millones de pesos) 49

Figura 3.28 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje México-Puebla-Progreso (cifras en pesos).....50

Figura 3.29 Velocidad promedio de los camiones de carga por tramo, en el eje México-Puebla-Progreso 51

Figura 3.30 Tiempo de demora de camiones de carga por año en el eje México-Puebla-Progreso (millones de horas).....51

Figura 3.31 Tiempo de demora de camiones de carga por tramo en el eje México-Puebla-Progreso (millones de horas) 52

Figura 3.32 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje Transpeninsular de Yucatán (cifras en millones de pesos).....53

Figura 3.33 Costo anual de las demoras en camiones de carga por segmento carretero del eje Transpeninsular de Yucatán (cifras en millones de pesos).....54

Figura 3.34 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Transpeninsular de Yucatán (cifras en pesos).....54

Figura 3.35 Velocidad promedio de los camiones de carga por tramo, en el eje Transpeninsular de Yucatán.....55

Figura 3.36 Tiempos de demora de los camiones de carga por año, en el eje Transpeninsular de Yucatán (millones de horas) 56

Figura 3.37 Tiempo de demora de camiones de carga por tramo, en el eje Transpeninsular de Yucatán (millones de horas) 57

Figura 3.38 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje Transpeninsular de Baja California (cifras en millones de pesos).....58

Figura 3.39 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Transpeninsular de Baja California (cifras en millones de pesos).....59

Figura 3.40 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023 por segmento carretero del eje Transpeninsular de Baja California (cifras en pesos) 59

Figura 3.41 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Transpeninsular de Baja California 60

Figura 3.42 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Transpeninsular de Baja California (millones de horas) 61

Figura 3.43 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Transpeninsular de Baja California (millones de horas) 62

Figura 3.44 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje Costera Pacífico (cifras en millones de pesos) 63

Figura 3.45 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Costera Pacífico (cifras en millones de pesos) 64

Figura 3.46 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Costera Pacífico (cifras en pesos) 65

Figura 3.47 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Costera Pacífico 65

Figura 3.48 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Costera Pacífico (millones de horas) 66

Figura 3.49 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Costera Pacífico (millones de horas) 67

Figura 3.50 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Veracruz-Monterrey (millones de pesos) 68

Figura 3.51 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Veracruz-Monterrey (millones de pesos) 69

Figura 3.52 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Veracruz-Monterrey (cifras en pesos) 69

Figura 3.53 Velocidad promedio de los camiones de carga, por segmento carretero del eje Veracruz-Monterrey 70

Figura 3.54 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero Veracruz-Monterrey (millones de horas) 71

Figura 3.55 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje Veracruz-Monterrey (millones de horas) 71

Figura 3.56 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo (millones de pesos) 73

Figura 3.57 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo (millones de pesos) 73

Figura 3.58 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo (cifras en pesos) 74

Figura 3.59 Velocidad promedio de los camiones de carga, por segmento carretero del eje Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo 75

Figura 3.60 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo (millones de horas) 76

Figura 3.61 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo (millones de horas) 76

Figura 3.62 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Mazatlán-Matamoros (millones de pesos) 78

Figura 3.63 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Mazatlán-Matamoros (millones de pesos) 79

Figura 3.64 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Mazatlán-Matamoros (cifras en pesos) 79

Figura 3.65 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Mazatlán-Matamoros 80

Figura 3.66 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Mazatlán-Matamoros (millones de horas) 81

Figura 3.67 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje Mazatlán-Matamoros (millones de horas) 82

Figura 3.68 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Manzanillo-Tampico (millones de pesos) 83

Figura 3.69 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Manzanillo-Tampico (millones de pesos) 84
Figura 3.70 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Manzanillo-Tampico (cifras en pesos) 85
Figura 3.71 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Manzanillo-Tampico 85
Figura 3.72 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero Manzanillo-Tampico (millones de horas) 86
Figura 3.73 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje Manzanillo-Tampico (millones de horas) 87
Figura 3.74 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje El Altiplano (millones de pesos) 88
Figura 3.75 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje el Altiplano (millones de pesos) 89
Figura 3.76 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje El Altiplano (cifras en pesos) 90
Figura 3.77 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje El Altiplano 91
Figura 3.78 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero El Altiplano (millones de horas) 92
Figura 3.79 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje El Altiplano (millones de horas) 92
Figura 3.80 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje México-Tuxpan (millones de pesos) 94
Figura 3.81 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje México-Tuxpan (millones de pesos) 94
Figura 3.82 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje México-Tuxpan (cifras en pesos) 95
Figura 3.83 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje México-Tuxpan 96

Figura 3.84 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero México-Tuxpan (millones de horas) 96

Figura 3.85 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje México-Tuxpan (millones de horas).....97

Figura 3.86 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Acapulco-Veracruz (millones de pesos) 98

Figura 3.87 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Acapulco-Veracruz (millones de pesos).....99

Figura 3.88 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023 por segmento carretero del eje Acapulco-Veracruz (cifras en pesos) 100

Figura 3.89 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Acapulco-Veracruz 100

Figura 3.90 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero Acapulco-Veracruz (millones de horas) 101

Figura 3.91 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje Acapulco-Veracruz (millones de horas).....102

Figura 3.92 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Circuito Transístmico (millones de pesos).....103

Figura 3.93 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Circuito Transístmico (millones de pesos)..... 104

Figura 3.94 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Circuito Transístmico (cifras en pesos)..... 104

Figura 3.95 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Circuito Transístmico 105

Figura 3.96 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero Circuito Transístmico (millones de horas) 106

Figura 3.97 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje Acapulco-Veracruz Circuito Transístmico (millones de horas) 106

Sinopsis

Se analiza el costo de las demoras del autotransporte de carga debido al incremento del tránsito diario promedio anual (TDPA) para los 15 corredores troncales establecidos por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Las demoras se derivan por una mayor cantidad de vehículos que resulta en altos niveles de congestión, que causa una reducción de la velocidad, aumento del tiempo de viaje, e interrupciones en el desplazamiento de los vehículos. Para calcular su costo se adaptó una metodología del *Highway Capacity Manual* 2010, que determina el nivel de servicio de los caminos. Esta se complementa con un proceso para determinar las demoras antes y después del incremento del TDPA. De acuerdo a las estimaciones, se tuvo un costo por demoras del autotransporte, por alrededor de 169 mil millones de pesos, aproximadamente 10,048 millones de dólares. Como hallazgo principal se detectó un patrón muy similar en la evolución del costo en todos los ejes carreteros. Incluso, durante la pandemia, aparece un patrón reductivo similar en todos los ejes. Dicho esto, se prevé que el costo de las demoras puede aumentar en la medida en que se retrase la modernización de la infraestructura carretera, porque el TDPA no detendrá su crecimiento.

Abstract

The cost of delays in cargo transportation due to the increase in annual average in daily traffic (AADT) is analyzed for the 15 interstate highways system established by the Ministry of Infrastructure, Communications and Transportation. Delays are caused by a greater number of vehicles resulting in high levels of traffic congestion, which causes a reduction in speed, increased travel time, and interruptions in the movement of vehicles. To calculate its cost, a methodology from the Highway Capacity Manual 2010 was adapted, which determines the level of service of the roads. This is complemented by a process to determine the delays before and after the AADT increase. According to estimates, there was a cost due to motor transportation delays of around 169 billion pesos, approximately 10,048 million dollars. As the main finding, a very similar pattern was detected in the evolution of the cost in all road axes. Even during the pandemic, a similar reductive pattern appears in all axes. That said, it is expected that the cost of delays may increase as the modernization of highway infrastructure is delayed, because the AADT will not stop its growth.

Introducción

En México, como en otros países, el autotransporte de carga es el modo mediante el cual se mueve alrededor del 85.0 % de la carga terrestre a nivel nacional, es decir, transporta más de 500 millones de toneladas al año (Zamora, et al, 2022). Según las cifras publicadas por el INEGI (2023), en México existe un parque vehicular de camiones de carga de un poco más de 11.5 millones de unidades, las cuales ha venido creciendo a un ritmo de 1.95 % anual desde 2010. Ciertamente, el autotransporte posee una serie de ventajas sobre otros modos, sin embargo, sus costos de operación lo hacen ver como el medio más caro. Por ejemplo, el tráiler doble remolque y sencillo presentan un costo de operación de 1.8488 $/ton-km y de 1.5363 $/ton-km, respectivamente (Jiménez, 2023), contra los $0.5554 $/ton-km del ferrocarril (Gobierno de México, 2023); es decir, el autotransporte, llega a ser 3.3 veces más caro en la configuración vehicular full (doble remolque) y más de 2.8 veces con el tráiler sencillo que el ferrocarril. Este último modo de transporte sustenta su costo en las economías de escala, esto es, mientras que el tráiler full y el sencillo transportan alrededor de 46 y 28 toneladas máximas de carga, un vagón típico de ferrocarril puede llegar a mover desde 29 toneladas hasta 60 toneladas de carga, en trenes promedio de 47 vagones, con una longitud promedio de 1,044 metros de longitud.

Por todo lo anterior, puede apreciarse que el autotransporte de carga, compite al ferrocarril con el volumen de camiones que circulan en carreteras y en el medio urbano. En particular, el servicio público federal de carga (SPF) y los servicios privados de largo recorrido, están compuestos por más de un 1.4 millones de vehículos (DGAF, 2022), y han sido los servicios más explotados por la industria nacional, para el movimiento de mercancía interurbana.

De acuerdo con el portal de Datos Viales de la SICT (2023), en la red carretera, y en particular, en los corredores comerciales de transporte, se mueve una cantidad de camiones de carga que llegan a representar más de 25.0 % de la composición del tránsito diario promedio anual (TDPA), si bien esto se debe al incremento de las ventas de vehículos pesados, puede agregarse que, también al crecimiento de los vehículos ligeros, los cuales generan demoras importantes por su volumen, que forman congestionamientos específicos que dan como resultado niveles de servicio “F”, los cuales afectan el traslado de las personas y la carga, sobre

todo en las zonas de mayor afluencia. En 2021, una de cada cuatro carreteras en la red libre, obtuvo la clasificación "C" mientras que el 41.0 % obtuvo la clasificación A o B. Otro 32.0 % de las carreteras en la vía libre, están por debajo del nivel mínimo satisfactorio y cuentan con una clasificación "D", "E" o "F", y 13.0 % de las vías de la red de cuota obtuvieron las clasificaciones "D", "E" o "F" (Cal & Mayor, 2023).

El efecto de las demoras por una mayor cantidad de vehículos sobre la red carretera nacional, se presenta por los altos niveles de congestionamiento que se deriva de diversos factores, entre ellos, pueden citarse la reducción de la velocidad, aumento del tiempo de viaje entre los orígenes y destinos, e interrupciones constantes en el desplazamiento de los vehículos; por ejemplo, por obras de conservación, accidentes de tránsito, manifestaciones sociales, desastres naturales o por el congestionamiento natural por el exceso de vehículos en carreteras, todo lo cual se ve reflejado en costos para la sociedad en términos económicos (costos operativos), psicosociales y del medio ambiente, que deben ser medidos para identificar el daño colateral, por la concentración del movimiento de carga a través del autotransporte de carga, con la idea de establecer una política pública para un mejor reparto modal.

Por último, y no menos importante, las demoras se convierten constantemente en un efecto nocivo de la cadena de suministro, sobre todo para aquellas empresas que, dentro de su política de inventarios, prefieren explotar la estrategia *justo a tiempo*, con cero inventarios. Las demoras son sinónimos de ineficiencias, que no deben trasladarse en costos al transportista, ni a los consumidores.

Este trabajo se justifica porque se centra en el objetivo prioritario número 2 del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transporte 2020-2024, al contribuir al desarrollo del país mediante el fortalecimiento del transporte con visión de largo plazo, enfoque regional, multimodal y sustentable, para que la población, en particular las regiones de menor crecimiento, cuenten con servicios de transporte seguros, de calidad y cobertura nacional, además de proporcionar información relevante para la toma de decisiones en la construcción del Plan Nacional de Transporte.

A nivel internacional, existen estudios relacionados que evalúan el grado de congestionamiento para determinar el costo de las demoras, por ejemplo, el Instituto Americano de Investigación del Transporte (ATRI, por sus siglas en inglés), anualmente lleva a cabo el estudio *Cost of Congestion to the Trucking Industry*. En sus últimas versiones (2017, 2018, 2019, 2020 y 2021), este organismo ha reportado el costo anual de las demoras del autotransporte de carga, basada en una metodología indexada. En 2021, la ATRI estimó para el total de red carretera e infraestructura crítica, un costo

total por demoras de un poco más de $94,579 millones de dólares que, comparado con el dato de 2016 determinaron un incrementó de 27.0%. Por los conceptos de horas por demora y horas inactivas del operador establecieron un incrementó de 8.3%, durante este periodo, con un aumento del número de camiones registrados de 20.5%. En promedio, el costo de las demoras por camión en 2021 alcanzó los $6,824 dólares, esto es, 5.3% superior al valor en 2016 (Short, & Leslie, 2023).

Previamente, el Centro independiente de Investigación Económica y Empresarial (CEBR), con sede en el Reino Unido, llevó a cabo un estudio para Inrix, analizando en detalle los costos de congestión para Estados Unidos, Francia, Alemania y el Reino Unido. En este proyecto se incluyeron los costos directos (el tiempo perdido de los conductores, más el combustible gastado en el congestionamiento) y los efectos indirectos, relacionados con el traslado de los costos de las empresas a los consumidores a través de precios más altos. Según un informe de este centro de investigación, las demoras llegaron a costar aproximadamente 200 mil millones de dólares a las economías de estos países en 2013. Específicamente, estimó un costo de 1,736 dólares por cada hogar en EE.UU. y un poco más de 2,000 dólares por hogar en el Reino Unido, Francia y Alemania. Asimismo, se pronosticó que estos costos podrían aumentar en alrededor de 50.0%, es decir, llegar a 291 mil millones de dólares para 2030 (Fleetworld, 2018).

En México, el análisis de las demoras del autotransporte de carga, es un tema que no ha sido abordado a pesar de ser uno de los aspectos con mayor influencia en la operación diaria de la red carretera y sobre este modo de transporte, sin embargo, en el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) se dispone de una serie de investigaciones relacionadas con este tema, que bien pueden convertirse en un insumo de referencia para el desarrollo de la metodología de cálculo de las demoras. Por ejemplo, en las publicaciones técnicas 615 y 679, se estima el valor económico del tiempo de recorrido de las mercancías, como factor de utilidad para el análisis costo-beneficio de proyectos de infraestructura carretera. De acuerdo con Torres, et al (2021) “(…) Dada la dificultad para cuantificar las pérdidas económicas que se presentan en el traslado de mercancías debido a una disminución en el nivel de servicio de la red carretera, se propone estimar este valor del tiempo como el costo de oportunidad que tendría el usuario de los vehículos de carga para llevar los bienes a los centros de consumo en el menor tiempo posible”. Asimismo, la publicación 747 del IMT, que lleva a cabo una estimación de los efectos ocasionados por el cierre de un carril en carreteras, se desarrolla una propuesta metodológica que pretende mostrar a los responsables de la planeación y operación de los caminos, “(…) los efectos generados por el

cierre de un carril en una carretera, ocasionados por realizar acciones de conservación y/o modernización de la vialidad, permitiéndoles diseñar planes de mantenimiento adecuados, además de oportunos, que ocasionen menores problemas de circulación y costos a los usuarios, así como de prestación en el servicio de la infraestructura", con objeto de analizar el impacto en el nivel de servicio, comodidad, tiempo de recorrido de los usuarios, velocidad de operación de sus vehículos y los gastos de traslado.

La Estrategia Nacional del USDOT para Reducir la Congestión en la Red de Transporte de Estados Unidos, también conocida como Iniciativa de Congestión, incluye un plan de seis puntos para reducir la congestión en el corto plazo y sentar las bases para el éxito en el largo plazo. Las actividades de esta iniciativa se relacionan directamente con el movimiento de carga que incluye: (i) abordar los principales cuellos de botella de carga, (ii) ampliar el alcance de la política de carga, (iii) incorporar recursos de inversión del sector privado y (iv) establecer el programa Corredores del Futuro del USDOT.

De acuerdo con Short & Leslie (2023), "(…) La congestión de las carreteras ocurre cuando se impide la velocidad en flujo libre, lo que resulta en demoras en los viajes que a menudo están muy por debajo de los límites de velocidad autorizados. La congestión de las carreteras generalmente se presenta cuando hay más vehículos en un segmento de la carretera durante un período de tiempo de los que la infraestructura puede procesar a velocidades de flujo libre". Ciertamente, la congestión se relaciona con diversos incidentes, por tanto, se presenta una reducción de la capacidad de la vía y una desaceleración de la velocidad de los vehículos, lo que incrementa el tiempo de viaje y aumenta los costos operativos del autotransporte de carga. Desde luego, también genera costos indirectos y/o sociales, como interrupciones en la cadena de suministro y disminución de la calidad del aire. Por todo lo anterior, en esta investigación se entenderá por demora a la diferencia que existe entre el tiempo de viaje en horas de máxima demanda y el tiempo de viaje en flujo libre.

Objetivo general

Determinar el costo de las demoras de los camiones del autotransporte de carga, a través del análisis del nivel de congestionamiento que presentan los principales corredores de transporte del país, con el propósito de generar información que sustente políticas públicas y acciones con un enfoque multimodal y desde el punto de vista de la fluidez de las mercancías.

Objetivos Secundarios

a) Conocer y caracterizar el flujo vehicular de camiones de carga sobre los principales corredores de transporte, a través del análisis estadístico de los datos viales, con el propósito de establecer los parámetros de cálculo de los costos de la demora.

b) Identificar el nivel de servicio de los corredores de transporte, por medio de la aplicación de la metodología *Highway Capacity Manual* (HCM10) u otra similar, con la finalidad de determinar el nivel de congestión de las carreteras analizadas.

c) Analizar y determinar los tiempos de viaje en flujo libre y en hora de máxima demanda de los principales corredores de transporte del país, con el propósito de estimar los efectos del incremento de vehículos en las carreteras, y con ello, establecer las demoras en los corredores de transporte.

El alcance de este proyecto se centrará en analizar el impacto de las demoras sobre las principales configuraciones vehiculares identificadas en Datos Viales de la SICT: C2, C3, T3S2, T3S3 y T3S4R4 que transitan por los 15 principales corredores de transporte del país de la Red Federal Carretera (RFC), donde nueve de ellos son longitudinales y seis transversales (uno en construcción). Por tratarse de un estudio exploratorio, se seleccionaron los ejes carreteros más importante para llevar a cabo la estimación y aplicación de la metodología diseñada para ello.

1. Ejes carreteros

Dentro de la infraestructura carretera, se han trazado 15 ejes carreteros cuya característica principal permite la conexión de manera longitudinal y transversal del país, los cuales, generalmente están compuestos por carreteras de altas especificaciones.

Los ejes longitudinales de transporte son nueve y su trayecto es de norte a sur o de sur a norte:

1. Transpeninsular de Baja California.
2. México – Nogales con ramal a Tijuana.
3. Querétaro – Ciudad Juárez.
4. México – Nuevo Laredo con ramal a Piedras Negras.
5. Veracruz – Monterrey con ramal a Matamoros.
6. Puebla – Oaxaca – Cd. Hidalgo.
7. México - Puebla – Progreso.
8. Peninsular de Yucatán.
9. Costera Pacífico.

Los ejes transversales son seis y van de este a oeste y viceversa.

1. Mazatlán – Matamoros.
2. Manzanillo – Tampico con ramal a Lázaro Cárdenas.
3. Altiplano.
4. México – Tuxpan.
5. Acapulco – Veracruz.
6. Circuito Transístmico.

Su longitud total es de 19,780.6 km (Figura 1.1). Esta infraestructura es muy importante para el país, debido a que conectan diferentes lugares o ciudades, y tiene interconexión con otros tipos de transporte, por ejemplo, aeropuertos, terminales marítimas, estaciones de ferrocarril, puentes, e incluso con destinos turísticos.



Figura 1.1 Ejes carreteros

Fuente: SICT (2024).

Los corredores de transporte o ejes carreteros se destacan por estar conformados por carreteras de altas especificaciones, que poseen características geométricas idóneas para la circulación de todo tipo de vehículo pesado, con capacidad de dos o cuatro carriles, con barrera de contención central, curvas y pendientes suaves, para ofrecer mejores tiempos de recorridos y mayor seguridad.

En el cuerpo de la investigación, se describen los tramos carreteros que pertenecen a cada uno de estos ejes de transporte.

1.1 TDPA en los ejes carreteros

Ciertamente, los 15 ejes cuentan con un total de 19,854.08 kilómetros. De este total, 18.2 % de la longitud es ocupado por un volumen vehicular de entre 10,000 y 15,000 vehículos, es decir, en 3,615 kilómetros se mueve una cantidad importante de vehículos (Tabla 1.1), sin embargo, en dicha tabla se puede apreciar que 11.0 % (2,207 kilómetros) de la red carretera llega a mover más de 30 mil vehículos por día, que afectan directamente a la

velocidad de desplazamiento, y con ello se producen demoras. En la Figura 1.2 se aprecia la relación de la longitud de ejes carreteros y la densidad de vehículos que los utilizan, en el cual se destaca que los rangos de volumen más altos tienen una importante cantidad de kilómetros ocupados.

Tabla 1.1 Longitud (km) por rangos de volumen total (A+B+C)

EJES CARRETEROS	Longitud total (km)	TDPA Ponderado por distancia	Longitud (km) por rangos de volumen total (A+B+C)							
			1-500	501-1000	1001-1500	1501-2000	2000-2501	2501-3000	3001-4000	4001-5000
1 Transpeninsular de Baja California	1,757.79	6,367	49.8	145.9	339.5	168.5	213.0	147.8	104.0	68.1
2 México - Nogales con Ramal a Tijuana	2,886.37	12,553	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	119.8	460.6
3 Querétaro - Cd. Juárez	1,792.77	16,136	0.0	0.0	3.0	0.0	2.6	0.0	3.0	144.7
4 México - Nuevo Laredo con Ramal a Piedras Negras	1,684.19	30,994	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.0	101.5
5 Veracruz - Monterrey con Ramal a Matamoros	1,607.95	11,470	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	270.6	181.3
6 Puebla - Oaxaca - Ciudad Hidalgo	760.41	11,995	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	30.8	99.2
7 México - Puebla - Progreso	1,388.38	24,380	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8 Peninsular de Yucatán	1,309.59	11,709	0.0	5.8	15.9	0.0	44.3	58.0	327.4	218.9
9 Mazatlán - Matamoros	1,166.48	11,838	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	95.3	273.5	55.0
10 Manzanillo - Tampico con Ramales a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo	1,498.34	21,080	0.0	0.0	0.0	38.8	4.8	5.2	67.1	24.1
11 Altiplano	543.15	15,523	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0	1.8
12 México - Tuxpan	304.902	26,085	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	39.8
13 Acapulco - Veracruz	698.85	26,324	0.0	0.0	0.0	1.8	2.6	0.0	0.0	0.0
14 Circuito Transísmico	698.97	6,474	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.7	82.1	152.0
15 Costero Pacífico	1,755.95	6,729	0.0	53.4	96.7	1.8	73.3	216.8	232.7	369.1
Total	19,854.08		49.8	205.0	455.1	212.5	347.0	580.1	1564.7	1916.2
% de longitud según su volumen			0.3%	1.0%	2.3%	1.1%	1.7%	2.9%	7.9%	9.7%
Acumulado			0.3%	1.3%	3.6%	4.6%	6.4%	9.3%	17.2%	26.8%

Fuente: SICT, 2024. Mapas Temáticos.

Tabla 1.1 Longitud (km) por rangos de volumen total (A+B+C) (continuación)

EJES CARRETEROS	Longitud total (km)	TDPA Ponderado por distancia	Longitud (km) por rangos de volumen total (A+B+C)							
			5001-6000	6001-8000	8001-10000	10001-15000	15001-20000	20000-25000	25001-30000	30000 o más
1 Transpeninsular de Baja California	1,757.79	6,367	33.7	145.2	65.7	48.2	101.8	38.5	22.1	66.1
2 México - Nogales con Ramal a Tijuana	2,886.37	12,553	136.8	161.4	380.7	1138.1	214.1	71.7	96.7	106.7
3 Querétaro - Cd. Juárez	1,792.77	16,136	192.0	247.0	337.4	336.2	221.8	56.6	62.0	186.5
4 México - Nuevo Laredo con Ramal a Piedras Negras	1,684.19	30,994	15.2	61.0	50.7	217.6	365.4	306.2	13.4	499.2
5 Veracruz - Monterrey con Ramal a Matamoros	1,607.95	11,470	136.4	493.4	124.8	189.3	77.4	17.5	19.0	98.3
6 Puebla - Oaxaca - Ciudad Hidalgo	760.41	11,995	134.1	143.9	111.8	96.4	40.5	5.8	26.5	68.3
7 México - Puebla - Progreso	1,388.38	24,380	158.5	98.3	61.2	530.2	148.2	17.2	59.6	315.4
8 Peninsular de Yucatán	1,309.59	11,709	107.6	84.0	68.0	138.5	57.3	39.1	3.6	141.4
9 Mazatlán - Matamoros	1,166.48	11,838	69.9	240.5	170.5	147.9	0.0	0.0	11.4	102.5
10 Manzanillo - Tampico con Ramales a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo	1,498.34	21,080	84.6	201.3	113.8	262.3	396.6	44.6	30.9	224.4
11 Altiplano	543.15	15,523	27.4	10.9	92.1	120.0	157.7	80.3	24.9	21.7
12 México - Tuxpam	304.902	26,085	8.4	36.6	21.7	18.3	32.0	35.6	17.8	93.0
13 Acapulco - Veracruz	698.85	26,324	0.0	0.0	142.0	160.5	107.2	21.3	24.1	239.5
14 Circuito Transístmico	698.97	6,474	211.9	87.3	7.3	64.3	32.7	2.2	0.0	5.7
15 Costero Pacífico	1,755.95	6,729	202.4	169.7	66.9	147.8	58.0	28.6	0.0	38.9
Total	19,854.08		1518.6	2180.5	1814.3	3615.4	2010.4	765.2	411.9	2207.5
% de longitud según su volumen			7.6%	11.0%	9.1%	18.2%	10.1%	3.9%	2.1%	11.1%
Acumulado			34.5%	45.5%	54.6%	72.8%	83.0%	86.8%	88.9%	100.0%

Fuente: SICT, 2024. Mapas Temáticos.

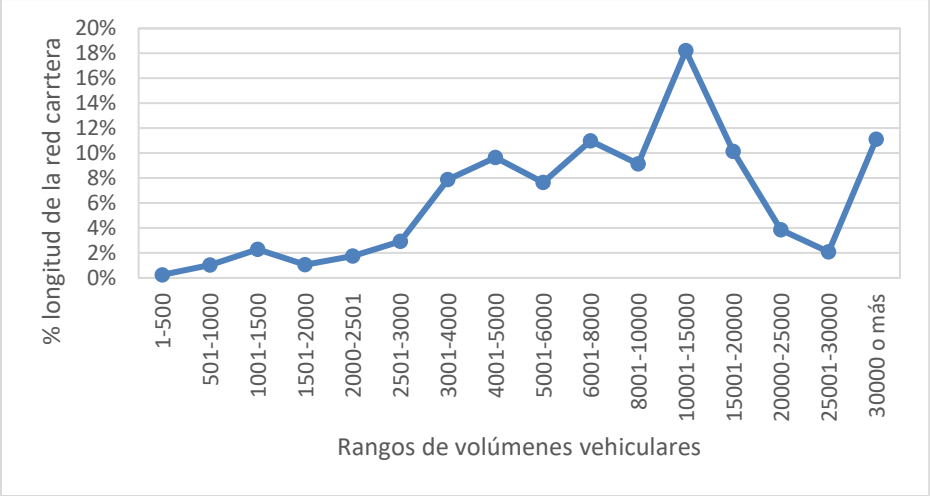


Figura 1.2 Porcentaje de longitud de la red de ejes carreteros ocupada por rangos de volúmenes vehiculares

Fuente: elaboración propia con base en SICT, 2024.

En la Figura 1.3, se presenta el TDPA de 2022, para cada uno de los ejes carreteros. En esta figura puede apreciarse el eje México-Nuevo Laredo con un TDPA de aproximadamente 31 mil vehículos, con una participación muy importante de los camiones de carga. Cabe señalar que este corredor, en su tramo entre la Ciudad de México y Querétaro, presenta uno de los segmentos más congestionados del país, que al parecer pudiera estar afectando gravemente al transporte de las mercancías. Condiciones similares se presentan en el eje México-Tuxpan, con un TDPA de un poco más de 26 mil vehículos.

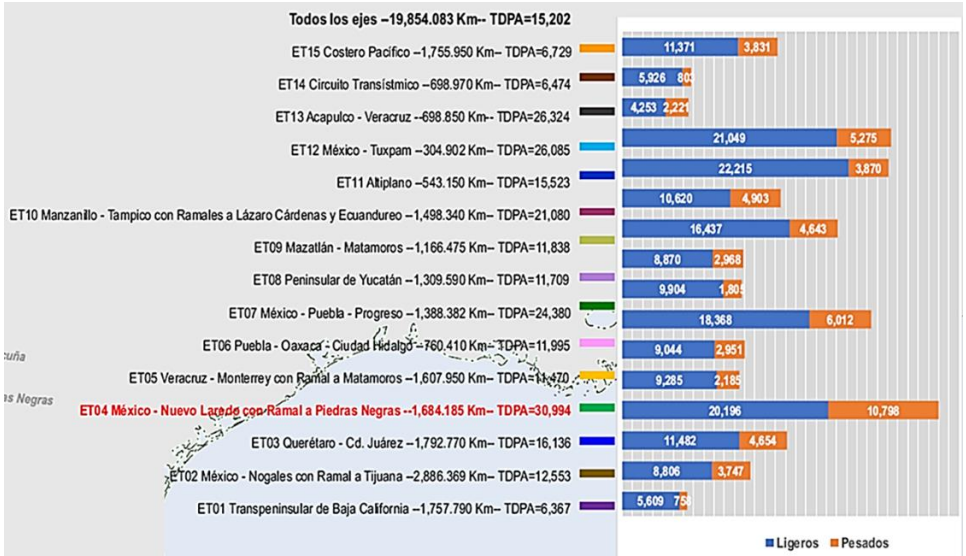


Figura 1.3 TDPA principales corredores

Fuente: SICT, 2024. Mapas Temáticos.

En la Figura 1.4, pueden apreciarse los TDPA en los segmentos principales de los ejes carreteros, donde se puede observar que, los volúmenes vehiculares sobre el eje México-Nuevo Laredo, son los más altos y, por tanto, los tramos de mayor uso en la red.



Figura 1.4 TDPA 2022 principales ejes carreteros todos los vehículos

Fuente: SICT, 2024. Mapas Temáticos.

1.2 TDPA vehículos pesados

Por lo que respecta a los vehículos pesados, en la Tabla 1.2 se aprecia la longitud de los ejes carreteros donde más abundan esta clase de vehículos. Destacan los ejes México-Nogales y Querétaro-Ciudad Juárez. Cabe señalar que el rango más alto de kilómetros se encuentra entre 3,000 y 4,000 vehículos. De hecho, en los rangos más bajos de volúmenes vehiculares, se destacan las longitudes de carreteras más utilizadas por los vehículos pesados (Figura 1.5).

Tabla 1.2 Longitud (km) por rangos de volumen de vehículos pesados (B+C)

Ejes carreteros	Longitud total (km)	TDPA Ponderado por distancia	Longitud (km) por rangos de volumen total (B+C)							
			1-500	501-1000	1001-1500	1501-2000	2000-2501	2501-3000	3001-4000	4001-5000
1 Transpeninsular de Baja California	1,757.79	758	1,127.7	349.3	72.3	53.7	62.0	15.9	55.4	0.0
2 México - Nogales con Ramal a Tijuana	2,886.37	3,747	0.0	8.1	73.7	140.5	161.8	644.3	774.7	704.9
3 Querétaro - Cd. Juárez	1,792.77	4,654	3.0	2.6	3.8	1.4	164.9	70.9	715.6	285.6
4 México - Nuevo Laredo con Ramal a Piedras Negras	1,684.19	10,798	0.0	14.1	169.9	72.6	104.7	52.4	26.1	35.8
5 Veracruz - Monterrey con Ramal a Matamoros	1,607.95	2,185	0.0	309.2	253.0	346.7	269.4	175.5	121.8	42.5
6 Puebla - Oaxaca - Ciudad Hidalgo	760.41	2,951	7.2	37.3	127.0	327.6	102.0	29.3	40.0	0.0
7 México - Puebla - Progreso	1,388.38	6,012	10.0	0.0	2.2	202.1	141.1	180.9	77.7	37.7
8 Peninsular de Yucatán	1,309.59	1,805	36.8	356.4	385.6	194.7	150.9	42.7	16.1	79.0
9 Mazatlán - Matamoros	1,166.48	2,968	0.0	96.8	327.4	51.1	124.4	60.1	240.7	153.8
10 Manzanillo - Tampico con Ramales a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo	1,498.34	4,643	0.0	55.7	163.0	158.5	138.1	44.3	123.2	230.5
11 Altiplano	543.15	4,903	0.0	0.0	6.4	0.0	48.4	83.7	130.1	21.6
12 México - Tuxpan	304.902	3,870	1.7	0.0	0.5	45.8	58.3	26.2	56.8	50.0
13 Acapulco - Veracruz	698.85	5,275	4.4	0.0	20.2	193.6	103.1	17.6	4.0	59.5
14 Circuito Transísmico	698.97	2,221	7.2	31.3	199.4	248.7	116.0	16.8	0.0	0.0
15 Costero Pacífico	1,755.95	803	680.5	743.2	145.3	44.8	35.2	16.1	58.0	32.9
Total	19,854.08		1,878.5	2,003.9	1,949.8	2,081.8	1,780.1	1,476.7	2,440.2	1,733.6
% de longitud según su volumen			9.5%	10.1%	9.8%	10.5%	9.0%	7.4%	12.3%	8.7%
Acumulado			9.5%	19.6%	29.4%	39.9%	48.8%	56.3%	68.6%	77.3%

Fuente: SICT, 2024. Mapas Temáticos.

Tabla 1.2 Longitud (km) por rangos de volumen total (B+C) (continuación)

Ejes carreteros	Longitud total (km)	TDPA Ponderado por distancia	Longitud (km) por rangos de volumen total (B+C)							
			5001-6000	6001-8000	8001-10000	10001-15000	15001-20000	20000-25000	25001-30000	30000 o más
1 Transpeninsular de Baja California	1,757.79	6,367	13.5	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 México - Nogales con Ramal a Tijuana	2,886.37	12,553	210.7	126.7	22.0	10.0	8.8	0.0	0.0	0.0
3 Querétaro - Cd. Juárez	1,792.77	16,136	221.3	138.7	102.1	83.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 México - Nuevo Laredo con Ramal a Piedras Negras	1,684.19	30,994	33.2	0.0	29.0	769.0	206.6	95.8	70.4	4.6
5 Veracruz - Monterrey con Ramal a Matamoros	1,607.95	11,470	62.8	0.0	14.8	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0
6 Puebla - Oaxaca - Ciudad Hidalgo	760.41	11,995	8.8	0.0	25.6	36.8	19.0	0.0	0.0	0.0
7 México - Puebla - Progreso	1,388.38	24,380	200.5	246.6	116.8	94.8	26.4	45.2	0.0	6.5
8 Peninsular de Yucatán	1,309.59	11,709	0.0	11.4	20.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9 Mazatlán - Matamoros	1,166.48	11,838	45.2	28.4	16.6	11.8	10.3	0.0	0.0	0.0
10 Manzanillo - Tampico con Ramales a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo	1,498.34	21,080	189.0	213.6	50.6	123.0	8.8	0.0	0.0	0.0
11 Altiplano	543.15	15,523	60.3	149.9	42.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12 México - Tuxpam	304.902	26,085	7.6	38.2	19.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13 Acapulco - Veracruz	698.85	26,324	23.8	114.3	62.2	73.2	23.2	0.0	0.0	0.0
14 Circuito Transístmico	698.97	6,474	0.2	78.6	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15 Costero Pacífico	1,755.95	6,729	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	19,854.08		1,076.9	1,154.4	523.0	1,217.4	315.2	141.0	70.4	11.1
% de longitud según su volumen			5.4%	5.8%	2.6%	6.1%	1.6%	0.7%	0.4%	0.1%
Acumulado			82.7%	88.5%	91.2%	97.3%	98.9%	99.6%	99.9%	100.0%

Fuente: SICT, 2024. Mapas Temáticos.

En la Figura 1.6, se presenta el TDPA de 2022 de los vehículos pesados, donde puede observarse que los ejes carreteros México-Nuevo Laredo y México-Puebla destacan sobre los otros. En ambos casos, se atienden a una cantidad de camiones de carga que se mueven entre la ciudad de México y las zonas norte y sur del país.

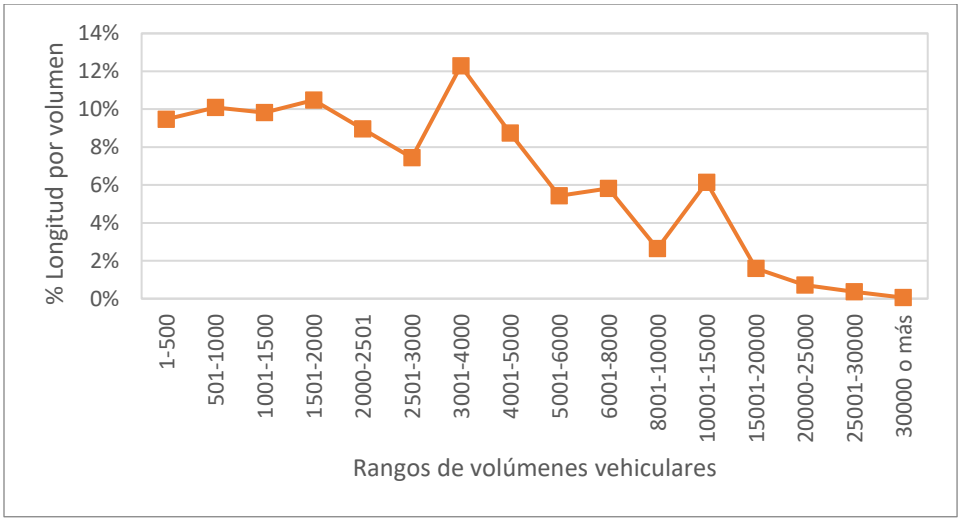


Figura 1.5 Porcentaje de longitud de la red de ejes carreteros ocupada por rangos de volúmenes de vehículos pesados



Figura 1.6 TDPA 2022 principales ejes carreteros vehículos pesados

Fuente: SICT, 2024. Mapas Temáticos.

1.3 Nivel de servicio

El nivel de servicio es el factor que se encuentra más asociado al tema de las demoras de las carreteras, y conocerlo es esencial para determinar su nivel de influencia en la operación de estas. En la Tabla 1.3, se presenta la longitud de los ejes troncales más afectados por el congestionamiento. En dicha tabla se observa que los corredores con mayor TDPA no necesariamente son los que presentan condiciones críticas para la circulación, puesto que los corredores Veracruz-Monterrey, Puebla-Oaxaca, y Manzanillo-Tampico, son los ejes con la mayor cantidad de kilómetros no satisfactorios, con 31.0%, 29.5% y 29.6%, respectivamente, debido más a las condiciones que presenta la infraestructura carretera, que a los flujos de tránsito. Por su parte, los ejes troncales México-Nogales y Querétaro-Ciudad Juárez, presentan los más altos niveles de satisfacción con 96.4 y 95.1%, sin embargo, se espera que en el análisis del costo de las demoras sean los ejes de mayor costo, no por su nivel de servicio, sino por los volúmenes vehiculares que se mueven por estas dos carreteras.

Tabla 1.3 Longitud (km) por nivel de servicio

Ejes carreteros	Longitud (km)	Longitud (km) por Nivel de Servicio						% de la longitud por Nivel de Servicio						Satisfactorio (A+B+C)	No satisfactorio (D+E+]F)
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F		
1 Transpeninsular de Baja California	1,757.8	415.6	647.5	496.3	118.7	73.1	6.5	23.6%	36.8%	28.2%	6.8%	4.2%	0.4%	88.6%	11.4%
2 México - Nogales con Ramal a Tijuana	2,886.4	1,176.3	1,425.7	181.1	83.9	17.1	2.3	40.7%	49.4%	6.3%	2.9%	0.6%	0.1%	96.4%	3.6%
3 Querétaro - Cd. Juárez	1,792.8	1,015.2	450.1	239.6	58.3	29.5	0.0	56.6%	25.1%	13.4%	3.3%	1.6%	0.0%	95.1%	4.9%
4 México - Nuevo Laredo con Ramal a Piedras Negras	1,684.2	715.3	331.2	286.0	92.6	167.0	92.1	42.4%	19.7%	17.0%	5.5%	9.9%	5.5%	79.1%	20.9%
5 Veracruz - Monterrey con Ramal a Matamoros	1,608.0	187.2	425.9	497.5	363.1	122.2	12.2	11.6%	26.5%	30.9%	22.6%	7.6%	0.8%	69.0%	31.0%
6 Puebla - Oaxaca - Ciudad Hidalgo	760.4	279.8	188.5	67.8	10.2	214.1	0.0	36.8%	24.8%	8.9%	1.3%	28.2%	0.0%	70.5%	29.5%
7 México - Puebla - Progreso	1,388.4	590.0	436.9	224.1	97.2	8.1	32.1	42.5%	31.5%	16.1%	7.0%	0.6%	2.3%	90.1%	9.9%
8 Peninsular de Yucatán	1,309.6	481.2	406.8	191.6	141.2	88.9	0.0	36.7%	31.1%	14.6%	10.8%	6.8%	0.0%	82.4%	17.6%
9 Mazatlán - Matamoros	1,166.5	526.9	282.5	149.7	82.3	101.8	23.3	45.2%	24.2%	12.8%	7.1%	8.7%	2.0%	82.2%	17.8%
10 Manzanillo - Tampico con Ramales a Lázaro Cárdenas y Ecuandureo	1,498.3	267.5	328.7	458.9	283.0	115.0	45.2	17.9%	21.9%	30.6%	18.9%	7.7%	3.0%	70.4%	29.6%
11 Altiplano	543.2	85.8	330.9	16.9	2.2	87.1	20.3	15.9%	60.9%	3.1%	0.4%	16.0%	3.7%	79.9%	20.1%
12 México - Tuxpam	304.9	76.2	135.9	8.5	27.7	7.8	48.8	24.9%	44.6%	2.8%	9.1%	2.6%	16.0%	72.3%	27.7%
13 Acapulco - Veracruz	698.9	108.7	394.9	78.5	51.6	60.5	4.7	15.6%	56.5%	11.2%	7.4%	8.6%	0.7%	83.3%	16.7%
14 Circuito Transístmico	699.0	87.4	157.2	339.6	93.3	21.6	0.0	12.5%	22.5%	48.6%	13.3%	3.1%	0.0%	83.6%	16.4%
15 Costero Pacífico	1,756.0	268.8	238.1	854.1	154.2	132.6	108.1	15.2%	13.6%	48.6%	8.8%	7.6%	6.2%	77.4%	22.6%
Total	19,854.1	6,281.8	6,180.7	4,090.2	1,659.4	1,246.5	395.6	31.6%	31.1%	20.6%	8.4%	6.3%	2.0%		

Fuente: SICT, 2024. Mapas Temáticos.

2. Metodología para determinar el costo de las demoras del autotransporte de carga

De acuerdo con el estudio realizado por Afrin & Yodo (2020), para la cuantificación del nivel de congestionamiento, se han desarrollado numerosas métricas bajo diferentes criterios de desempeño, que pueden clasificarse en cinco categorías: (i) velocidad, (ii) tiempo de viaje, (iii) demoras, (iv) nivel de servicios (LoS) y (v) índices de congestión, como se muestra en la Figura 2.1. Dichos autores concluyeron que las metodologías empleadas por diferentes autores e instituciones para el análisis de la congestión, muestran variaciones significativas, sin embargo, afirman que presentan una tendencia de congestión similar.

Para el caso de los estudios de costo de las demoras en el autotransporte de carga que desarrolló el ATRI, define tres componentes clave: costo por hora de operación de los camiones de carga; volúmenes de camiones en el segmento carretero; y velocidades promedio de los camiones en las carreteras analizadas.

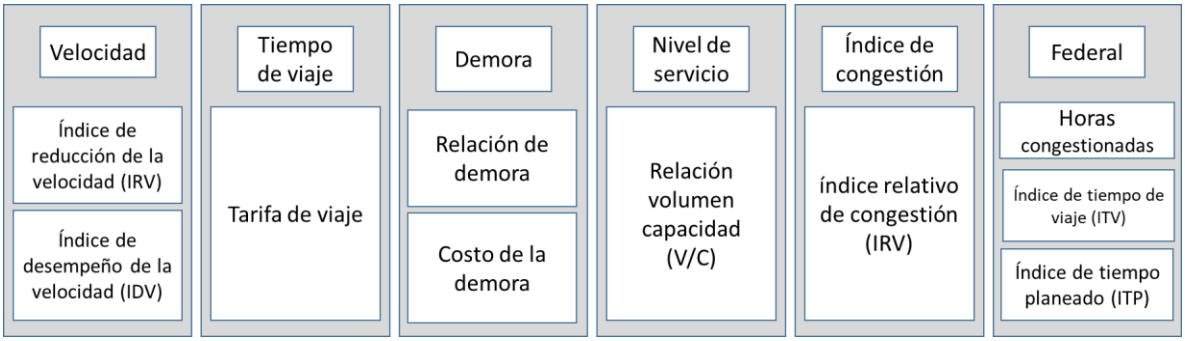


Figura 2.1 Enfoques para medir el impacto del congestionamiento

Fuente: Afrin & Yodo (2020).

Con base en lo antes expuesto, el cálculo de las demoras sobre los principales corredores de transporte en México, se apoyó en la metodología descrita en Torres, et al (2018), la cual considera el incremento de TDPA en carreteras para calcular la velocidad promedio perdida que determina el incremento del tiempo de viaje. Por su parte, el costo de las demoras se determinó a partir del costo de operación por hora de los

camiones de carga, los cuales se calcularon con el uso de un modelo especializado de costos y tarifas de autotransporte de carga, para cada una de las diferentes configuraciones vehiculares más frecuentes en las carreteras nacionales (C2, C3, T3S2, T3S3 y T3S4R4). En la Figura 2.2, se presenta la metodología generalizada aplicada, para obtener el costo de las demoras del transporte de carga en carreteras.

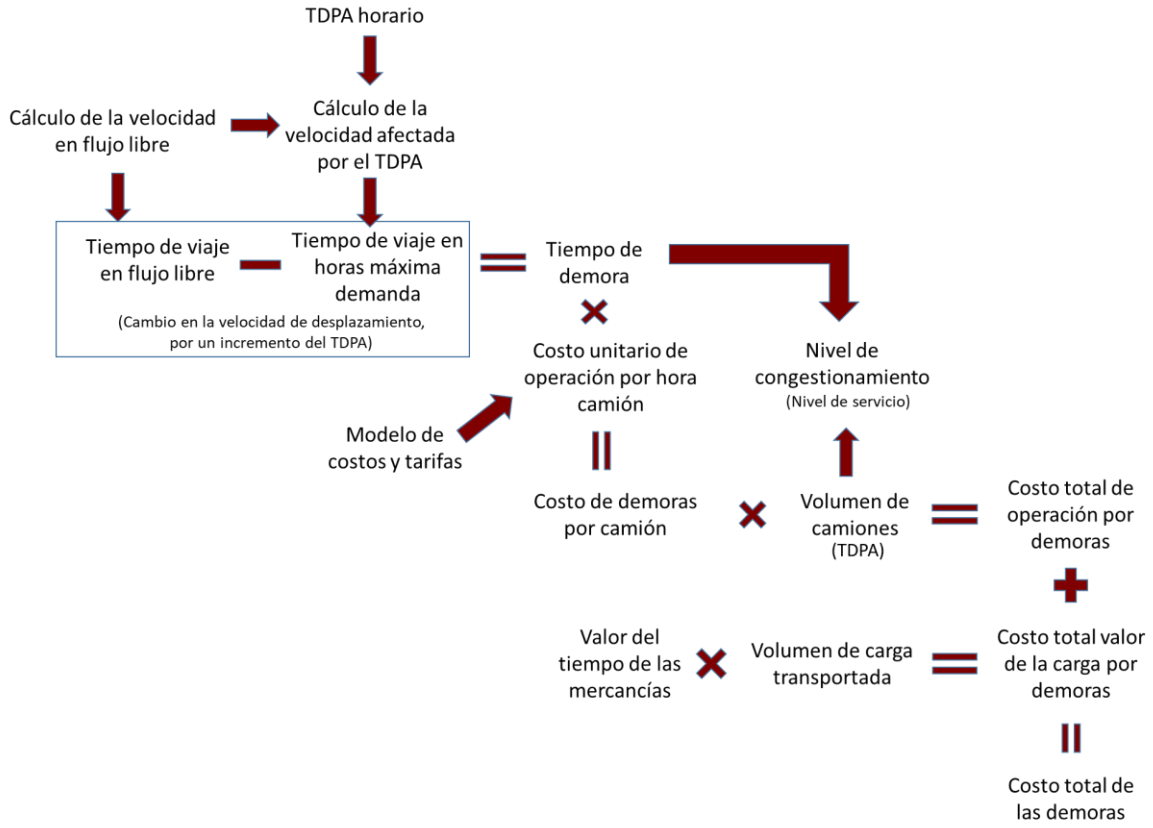


Figura 2.2 Metodología generalizada utilizada para calcular las demoras

2.1 Datos viales

En primera instancia se consultó la información del flujo vehicular en carreteras, como fuente principal de las demoras del autotransporte de carga, la cual se obtiene de los Datos Viales publicados por la secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT). Los datos viales pertenecen a un programa de monitoreo que incluye la recopilación del volumen de tránsito en las carreteras nacionales, clasificación vehicular y medición de indicadores de desempeño de las carreteras nacionales, de los que se derivan el TDPA, composición porcentual de la clasificación

vehicular, el factor de volumen horario, factor de dirección del tránsito y las coordenadas de geolocalización del punto de aforo, véase Figura 2.3 (SCT, 2016).

15 CARR: Tehuacán - Córdoba CLAVE: 00534 RUTA: MEX-150 AÑO: 2022

LUGAR	ESTACION				CLASIFICACION VEHICULAR EN PORCIENTO														COORDENADAS	
	KM	TE	SC	TDPA	M	A	B	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4	OTROS	A	B	C	K'	D	LATITUD	LONGITUD
Tehuacán	0.00	3	0	11841	5.9	81.5	0.5	4.3	2.6	1.7	1.4	1.5	0.6	87.4	0.5	12.1	0.087	0.501	18.500524	-97.405375
Chapuloo	18.27	3	0	8496	10.3	76.8	0.7	4.7	1.9	2.8	1.0	1.2	0.6	87.1	0.7	12.2	0.093	0.505	18.633363	-97.399628
T. Izq. Azumbilla	20.51	3	0	2194	6.0	79.2	1.0	10.1	0.6	1.9	0.7	0.2	0.3	85.2	1.0	13.8	0.171	0.512	18.647828	-97.387852
Lim. Edos. Term. Pue. Ppia. Ver.	26.58	0	0																	
Cd. Mendoza	53.31	1	0	11017	8.2	80.6	1.0	1.6	5.5	1.1	0.4	1.3	0.3	88.8	1.0	10.2	0.072	0.501	18.789428	-97.196903
Cd. Mendoza	53.31	3	1	7253	10.4	70.5	1.0	17.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	80.9	1.0	18.1	0.067	0.518	18.809755	-97.173444
Cd. Mendoza	53.31	3	2	7780	11.2	69.9	1.3	17.0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	81.1	1.3	17.6	0.066	0.518	18.809633	-97.173804
Orizaba	63.52	1	1	18287	17.1	72.7	1.3	5.8	0.4	0.8	1.5	0.2	0.2	89.8	1.3	8.9	0.059	0.525	18.839134	-97.120299
Orizaba	63.52	1	2	20231	15.9	74.9	1.1	5.4	0.3	0.9	1.1	0.2	0.2	90.8	1.1	8.1	0.061	0.525	18.839231	-97.120663
Orizaba	63.52	3	1	20430	6.9	78.2	1.6	8.6	0.9	2.0	0.6	0.6	0.6	85.1	1.6	13.3	0.073	0.505	18.860174	-97.063887
Orizaba	63.52	3	2	20006	6.8	78.4	1.6	8.4	0.9	2.1	0.6	0.6	0.6	85.2	1.6	13.2	0.078	0.505	18.860284	-97.063788
Fortín	80.24	1	0	6447	8.1	77.0	1.9	8.0	1.2	2.3	0.6	0.6	0.3	85.1	1.9	13.0	0.091	0.530	18.892324	-97.011969
Fortín	80.24	3	1	14493	7.9	86.8	1.0	2.4	1.1	0.3	0.1	0.3	0.1	94.7	1.0	4.3	0.076	0.521	18.900907	-96.992365
Fortín	80.24	3	2	15745	7.7	87.1	0.9	2.2	1.2	0.3	0.2	0.3	0.1	94.8	0.9	4.3	0.086	0.521	18.900997	-96.992308
Córdoba	86.76	1	1	12905	9.4	84.1	0.9	3.6	1.1	0.3	0.1	0.4	0.1	93.5	0.9	5.6	0.070	0.508	18.902411	-96.978629
Córdoba	86.76	1	2	13345	9.0	84.6	0.9	3.8	0.9	0.3	0.1	0.3	0.1	93.6	0.9	5.5	0.068	0.508	18.902530	-96.978798

Figura 2.3 Datos viales

Fuente: Datos viales. (SICT).

Lo interesante de esta información, es que la clasificación vehicular permite calcular el costo de las demoras por tipo de configuración, con lo cual puede lograrse una mayor precisión de los resultados.

2.2 Velocidad en flujo libre en carretera de dos carriles

De acuerdo con Torres, et al (2015), la velocidad de flujo libre V_{FL} se estima con base en la expresión:

$$V_{FL} = V_{FB} - f_{AC} - f_{DP}$$

Donde

V_{FL}= velocidad de flujo libre estimada en (Km/h)

V_{FB}= velocidad de flujo base (km/h)

f_{AC}= ajuste por ancho de carril y acotamiento (Km/h)

f_{DP}= ajuste por densidad de puntos de acceso.

En la Tabla 2.1 se muestra el factor de ajuste por ancho de carril y ancho de acotamiento (f_{AC}) .

Tabla 2.1 Factor de ajuste por ancho de carril y ancho de acotamiento

Ancho de carril	Ancho de acotamiento			
	>0<=0.6	**>0.6<=1.2**	**>1.2<=1.8**	**>1.8**
>2.7<3.0	10.3	7.7	5.6	3.5
>=3.0<3.3	8.5	5.9	3.8	1.7
>=3.3<3.6	7.5	4.9	2.8	0.7
>=3.6	6.8	4.2	2.1	0

Fuente: Torres, et al (2015)

El factor de ajuste por densidad de puntos de acceso se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Factor de ajuste por número de puntos de acceso por km

Densidad	Factor	Densidad	Factor
0	0.00	13	8.67
1	0.67	14	9.33
2	1.33	15	10.00
3	2.00	16	10.67
4	2.67	17	11.33
5	3.33	18	12.00
6	4.00	19	12.67
7	4.67	20	13.33
8	5.33	21	14.00
9	6.00	22	14.67
10	6.67	23	15.33
11	7.33	24	16.00
12	8.00		

Fuente: Torres, et al (2015)

2.3 Velocidad en flujo libre carretera multicarril

De acuerdo con Torres, et al (2015), la velocidad de flujo libre para carreteras multicarril, es posible estimarla a partir de la velocidad a flujo libre base (BFFS), que debe ser ajustada para tener en cuenta las características reales del segmento tales como: ancho de carril, distancia libre lateral derecha y densidad del total de puntos de acceso. La ecuación que mide dicho indicador se describe a continuación.

$$V_{FL} = V_{FB} - f_{AC} - f_{DL} - f_{FS} - f_{PA}$$

V_{FL} = velocidad de flujo libre

V_{FB} = velocidad de flujo libre base

f_{AC} = factor de ajuste por ancho de carril

f_{DL} = factor de ajuste por distancia libre lateral

f_{FS} = factor de ajuste por tipo de faja separadora

f_{PA} = factor de ajuste por puntos de acceso

Factor de ajuste asociado al ancho de carril, se determina dependiendo del ancho de carril de la vía de acuerdo con los valores que se muestran en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Factor de ajuste asociado al ancho de carril

Ancho de carril	Reducción (km/h)
3.6	0
3.6	1
3.4	2.1
3.3	3.1
3.2	5.6
3.1	8.1
3	10.6

Fuente: TRB-HCM 2010.

El factor de ajuste por distancia libre lateral, se determina a partir de la distancia que existe entre el acotamiento de la vía y los obstáculos laterales. Si la distancia de cada uno de los acotamientos al obstáculo lateral es mayor de 1.8 m se debe considerar este valor, es decir la suma de

la distancia a ambos lados no excederá de 3.6 m, tal y como se muestra en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Ajuste de velocidad debido a la distancia libre lateral

4 carriles		6 carriles	
Distancia lateral (m)	**Reducción (km/h)**	**Distancia lateral (m)**	**Reducción (km/h)**
3.6	0	3.6	0
3	0.6	3	0.6
2.4	1.5	2.4	1.5
1.8	2.1	1.8	2.1
1.2	3	1.2	2.7
0.6	5.8	0.6	4.5
0	8.7	0	6.3

Fuente: TRB-HCM 2010.

El factor de ajuste en la velocidad por tipo de faja separadora depende del elemento que separa ambos sentidos de circulación de la vía, como se muestra en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Ajuste por tipo de faja separadora

Tipo de separación	Reducción (km/h)
Carreteras sin separación	2.6
Carreteras divididas	0

Fuente: TRB-HCM 2010.

El factor de ajuste por puntos de acceso, toma en consideración el número de accesos por kilómetro que tiene la vialidad. La magnitud de dicha reducción está en función de la cantidad de accesos identificados de acuerdo con los valores que se consignan en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Ajuste de la velocidad debido al número de accesos

Puntos de acceso por kilómetro	Reducción (km/h)
0	0
6	4
12	8
18	12
24	16

Fuente: TRB-HCM 2010.

2.4 Volumen de servicio

De acuerdo con la metodología prevista, el volumen de servicio es la cantidad máxima de vehículos que pueden transitar sobre una carretera en un lapso de una hora (VHMD), que se determina con base en el factor

de la siguiente manera aplicado al Tránsito Diario Promedio Anual (Torres, 2005).

$$VS = TDPA * k$$

Dónde:

VS = volumen de servicio.

$TDPA$ = Tránsito Diario Promedio Anual.

k = factor de volumen horario[1].

2.5 Cálculo de la velocidad promedio afectada por el TDPA

La velocidad promedio de viaje se determina con la velocidad de flujo libre, afectada por un factor y los volúmenes direccionales de tránsito.

$$V_{PV} = V_{FL} - 0.00776\ (t_{da} + t_{do}) - f_{nr}$$

V_{PV} = velocidad promedio de viaje en la dirección de análisis (km/h)

V_{FL}= velocidad de flujo libre (km/h)

t_{da}= flujo para V_{PV} en la dirección de análisis (veh/h)

t_{do}= flujo para V_{PV} en dirección opuesta al análisis (veh/h)

f_{nr} = factor de ajuste para V_{PV} de acuerdo con las zonas de no rebase en la dirección de análisis.

De acuerdo con Torres, et al (2015), la ecuación de la velocidad promedio puede modificarse de la siguiente manera:

$$V_{PV} = V_{FL} - 0.00776\ (VS) - f_{nr}$$

Dónde:

V_{PV} = velocidad promedio de viaje en la dirección de análisis (km/h)

[1] Este factor es útil para determinar el volumen horario de proyecto, que se obtiene a partir de relacionar los volúmenes horarios más altos registrados en la muestra de aforo semanal y el tránsito diario promedio anual.

V_{FL}= velocidad de flujo libre (km/h)

VS = volume de servicio (veh/h)

f_{nr} = factor de ajuste para V_{PV} de acuerdo con las zonas de no rebase en la dirección de análisis.

2.6 Costo de la demora del transporte de carga

Tiempo de demora

El tiempo de demora es igual a cero si la velocidad en flujo libre es menor o igual a la velocidad promedio; si no, el tiempo de la demora se calcula de la siguiente manera:

$$D = V_{FL} - V_{PV} \leq 0, igual\ 0, sino, \left[\left(60 - \frac{V_{PV}}{V_{FL}}\right) \div 60\right]$$

Por lo anterior, el costo total de la demora es la suma de cada uno de los volúmenes vehiculares de cada configuración, multiplicada por el costo de operación por hora de cada vehículo tipo i, afectado por el tiempo de demora (D) en el segmento carretero analizado.

$$C_D = \sum_i^n (TDPA * \%CF_i) * (CT_i * D)$$

C_D = costo total de la demora

$TDPA$ = Tránsito Diario Promedio Anual

$\%CF_i$ = porcentaje de vehículos de la configuración vehicular i

CT_i = costo de operación de la configuración i

D = tiempo de demora en el segmento carretero analizado

i = 1, 2, 3, 4, 5

3. Análisis de los costos de las demoras del autotransporte de carga

En el presente capítulo se hace un análisis exploratorio del costo de la congestión sobre los vehículos del autotransporte de carga, que circulan sobre los principales ejes troncales del país, con el fin de averiguar las tendencias de los últimos años. Se aplica la metodología descrita en el capítulo anterior.

La congestión en carreteras y medio urbano es un tema ampliamente estudiado en la literatura (Bull, 2003; HDR, 2009; Anas, 2020; Zhi, et al., 2020), que busca encontrar soluciones a los problemas que ello causa. Ciertamente, la congestión ocurre cuando se reduce la velocidad en flujo libre, lo que resulta en demoras que aumentan el tiempo del viaje. Las demoras se presentan cuando se incrementa el número de vehículos sobre un segmento de las carreteras dentro de un periodo de tiempo, en el que la infraestructura se ve rebasada en su capacidad, generando desplazamientos por debajo de la velocidad en flujo libre.

La congestión surge por el exceso de vehículos, pero también por los incidentes que se presentan durante el uso de la infraestructura carretera. Desde luego, la congestión incrementa el costo de operación de los vehículos usuarios y, se puede decir, tiene el mayor efecto en los costos de operación de los camiones de carga. Los efectos son directos, porque se incrementa el costo del operador, combustibles, mantenimiento, depreciación, sin embargo, también existen efectos indirectos que llegan a afectar, como es el caso de la cadena de suministro, la calidad del aire, el uso ineficiente de los combustibles, malestar social, entre otros.

Para establecer el costo de congestión del autotransporte de carga, se determinó el costo horario de operación de las configuraciones vehiculares más comunes en el país, por ejemplo, C2, C3, T3S2, T3S3 y T3S2R4, el cual se multiplicó por el tiempo incrementado en el tramo carretero analizado por la reducción de la velocidad promedio, derivado del aumento del tránsito vehicular. La velocidad promedio se estima a partir de la desviación de la velocidad en flujo libre, que deriva en el tiempo adicional de viaje que se genera.

Por lo anterior, se utilizaron los datos viales, para obtener el tránsito diario promedio anual (TDPA), en cada segmento de los ejes carreteros.

Asimismo, se identificaron las características operativas de cada uno de los tramos carreteros analizados (Figura 3.1). Por ejemplo, número de carriles, puntos de acceso, ancho de la calzada y corona, ancho del carril y acotamiento, velocidad base o de diseño, y con ellos se determinaron los factores de ajuste de ancho de carril (ACA) y puntos de acceso (PA), así como la velocidad en flujo libre (FL).

CARACTERÍSTICAS DE LA CARRETERA									
Número de carriles	Puntos de acceso	Ancho calzada	Corona	Ancho de carril	Ancho acotamiento	ACA (ajuste)	Vel. Base (km/h)	Ajuste PA	Vel. FL (km/h)

Figura 3.1 Características de las carreteras

Cabe señalar que en este primer informe se consideran los ejes carreteros con el mayor TDPA, porque se estimó que son los que presentan el mayor costo por demoras, aunque no sean los de menor nivel de servicio.

3.1 Costo horario de la estadía de los camiones considerados

Con base en el Software *Trucking cost Drive System*-Mi Tarifa Justa®, se determinó el costo por día de estadía para los diferentes tipos de configuraciones vehiculares. Los costos se definieron sobre la base de la estructura del parque vehicular nacional, donde un poco más de 86.0 % del equipo de arrastre es destinado a la carga general y el resto a carga especializada, por tanto, el costo por día de estadía se calculó con base en las características de los vehículos de carga general más representativos.

En este caso, se consideró un vehículo reciente de cuatro años de antigüedad, que se encuentra dentro del intervalo del primer cuartil (25.0 %) del total vehículos menores a siete años de servicio (véase Jiménez, 2023). Por esta razón, puede decirse que la estadía o costo por hora es un valor medio aproximado al más alto, que podría considerarse como un valor aceptable.

En términos generales, se incurre en un costo de estadía porque los camiones de carga presentan costos fijos y de manutención altos, además del costo de capital que implica tener un vehículo en espera sin producir ingresos. Los resultados se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Costo de estadía de los camiones de carga

Configuración vehicular	C2	C3	T3S2	T3S3	T3S2R4
Costo por día de vehículo en estadía	$4,501.68	$5,264.50	$7,252.72	$8,512.60	$9,717.92
Costo por hora	$187.57	$219.35	$302.20	$354.69	$404.91

Nota: estos costos de estadía solo aplican a las condiciones de operación consideradas en el cálculo de las demoras para este estudio, por ejemplo, precio de adquisición, edad del vehículo con años de uso, costos fijos, costo de financiamiento, entre otros. Sírvase solo de referencia para otros usos, pues estos varían según los datos operativos utilizados.

Cabes señalar que el costo por hora de estadía de los camiones de carga se fijó en el tiempo, con el propósito de calcular el costo de las demoras de años anteriores, con la intención de hacer comparables los resultados. Esto es, no se consideró necesario estimar los costos de estadía del pasado, y traerlos a valor presente.

3.2 Resultados del costo de las demoras por eje carretero

El cálculo del costo de las demoras se llevó a cabo para los 15 ejes troncales del país, con una longitud de 19,230.8 km (véase Tabla 3.2).

Tabla 3.2 Ejes troncales carreteros

Eje carretero	Longitud (km)
1 México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras	2,124.30
2 Querétaro-Cd. Juárez	1,852.59
3 México-Nogales	2,886.4
4 México-Puebla-Progreso	1,388.38
5 Transpeninsular de Yucatán	1,309.60
6 Transpeninsular de Baja California	1,757.80
7 Costera Pacífico	1,756.00
8 Veracruz-Monterrey	1,014.80
9 Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo	1,059.07
10 Mazatlán-Matamoros	1,159.70
11 Manzanillo-Tampico	1,093.15
12 El Altiplano	635.14
13 México-Tuxpan	315.94
14 Acapulco-Veracruz	691.83
15 Circuito Transístmico	717.70
Total	19,230.80

Fuente: SICT (2024).

3.2.1 Resultados globales

Del total de los 15 ejes carreteros analizados, se estima que en 2023 los camiones de carga habrían incurrido en casi 464 millones de pesos por día por conceptos de demoras (Figura 3.2), es decir, alrededor de 169,320 millones de pesos anuales (Figura 3.3), aproximadamente 10,048 millones de dólares.

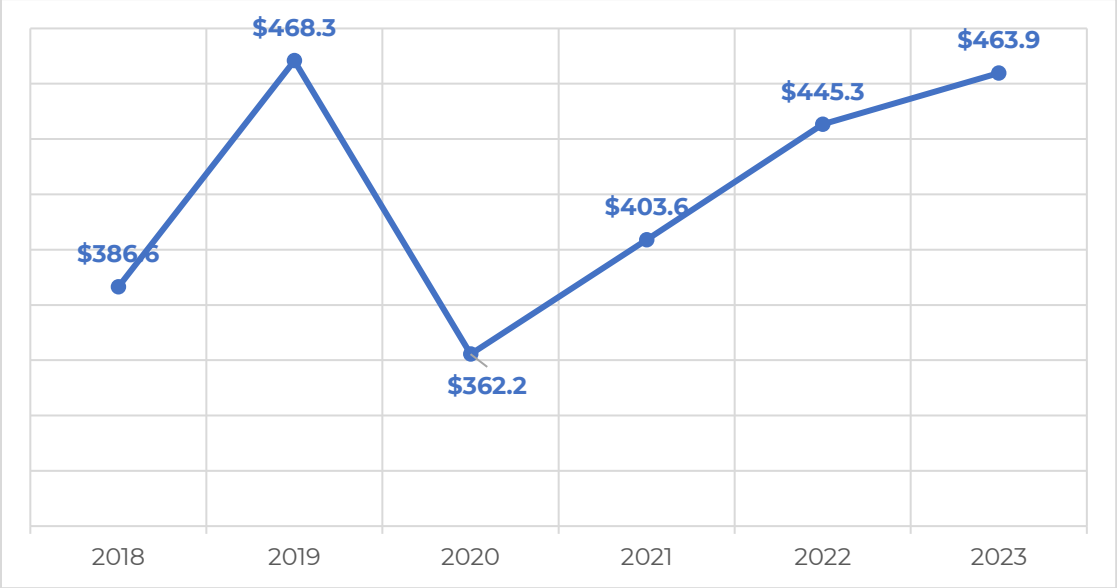


Figura 3.2 Costo de las demoras por día por los 15 ejes carreteros analizados (cifras en millones de pesos)

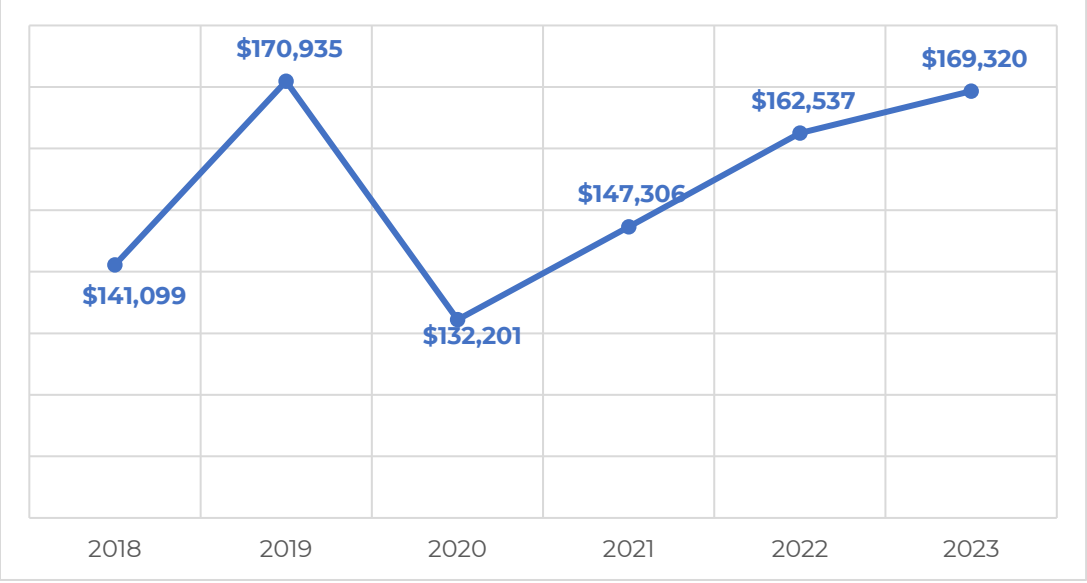


Figura 3.3 Costo anual de las demoras por los 15 ejes carreteros (cifras en millones de pesos)

De acuerdo con la Dirección General de Autotransporte de Carga, en 2022 se encuentran registradas 630,633 unidades motrices, por tanto, el costo promedio por demoras ronda los 276 mil pesos anuales por vehículo. Como es evidente de esta cifra, existe un gasto muy importante del transportista por circular en carreteras congestionadas, ya sea por el mismo nivel de tránsito o por la gran cantidad de incidentes que se presentan. Dicho sea de paso, la reducción de tránsito en 2020 por efecto de la pandemia del COVID-19, redujo en dicho año el costo por demoras, que a la fecha no ha logrado alcanzar el importe de 2019.

A partir de 2018, la tasa de crecimiento del costo de las demoras mostró fuertes irregularidades, las cuales todo parece indicar que están asociadas al desempeño económico del país. Mientras que, en 2019, parecía resurgir la economía nacional, en 2020, la pandemia del COVID-19, freno bruscamente el desarrollo de las actividades y, por tanto, provocó carreteras descongestionadas. Llegado 2021, la economía tomó su curso hasta regresar a un crecimiento más regular de las actividades, en 2023 (Figura 3.4). Basta recordar, que el cálculo de las demoras se basa en el TDPA.

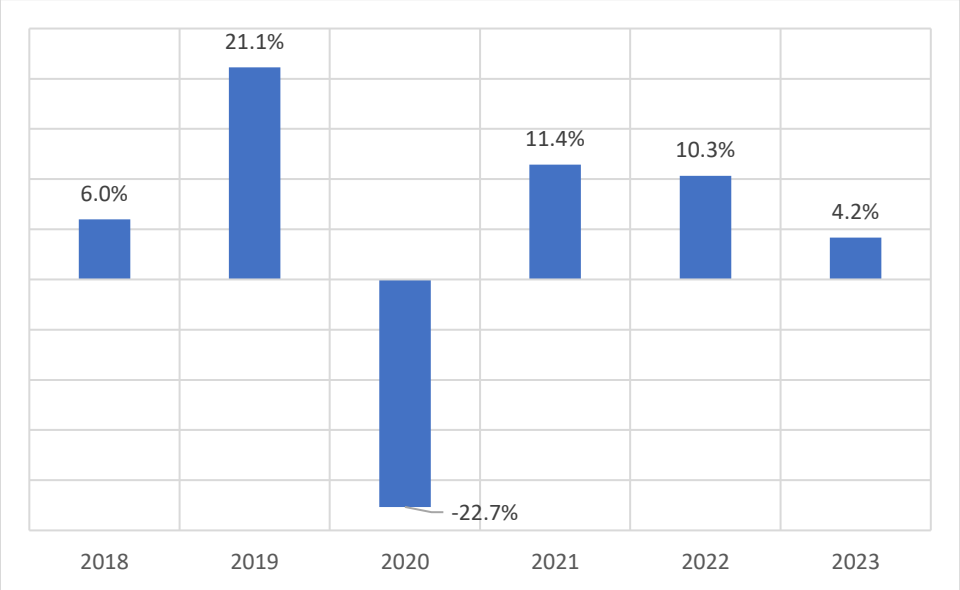


Figura 3.4 Tasa de crecimiento del costo anual de las demoras de los 15 ejes carreteros analizados

Como resultado de los cálculos del costo de la demora en camiones de carga, se encontró que el eje carretero México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras, presentó el máximo costo por este concepto. En 2023 se estima que este corredor incurrió en un poco más de 117 millones de pesos por día, seguido por el eje carretero Querétaro-Ciudad Juárez, con un costo de 84 millones de pesos por día en el mismo año (Figura 3.5).

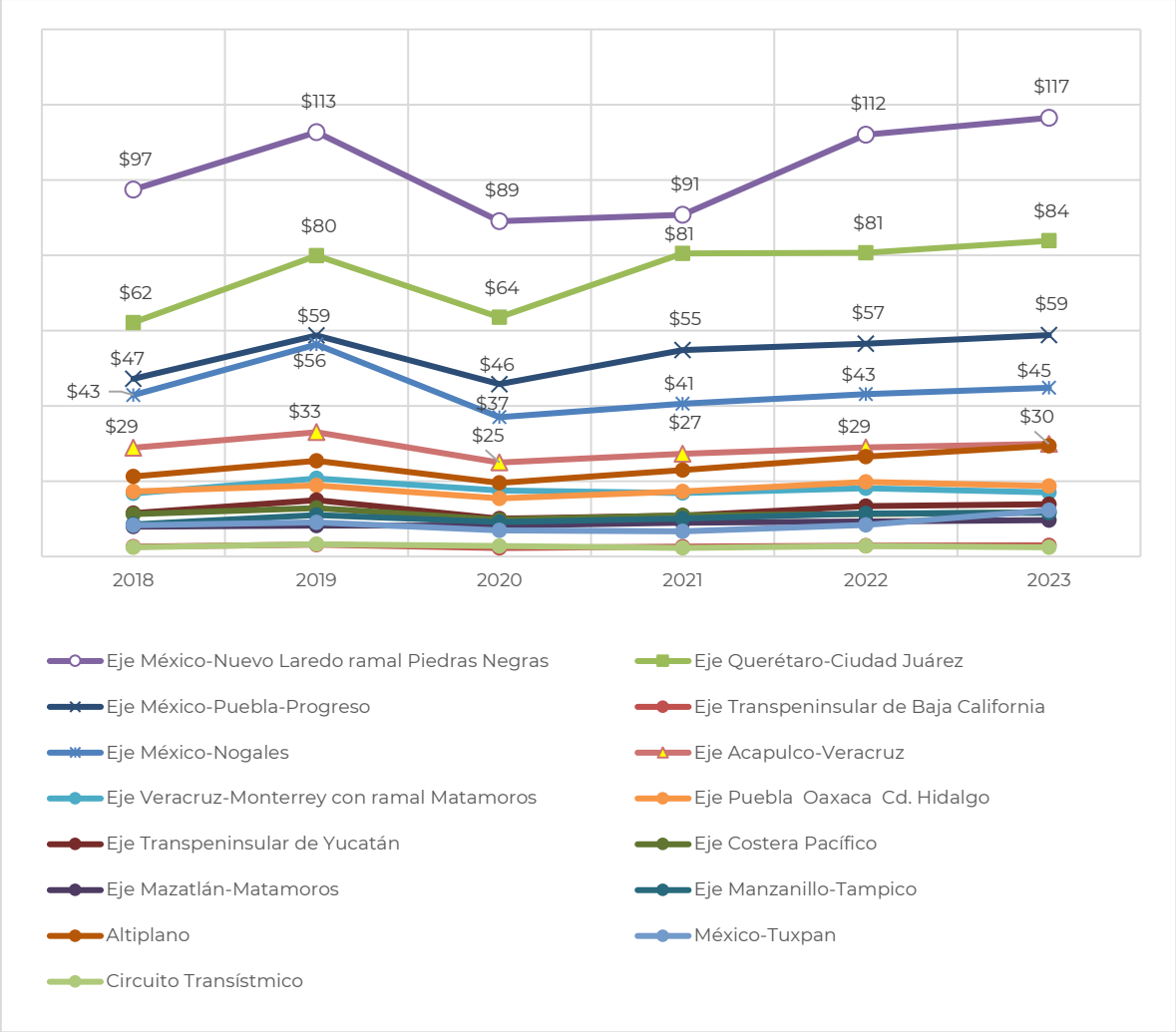


Figura 3.5 Costo de las demoras por día en los 15 ejes carreteros analizados (cifras en millones de pesos)

Anualizados los costos anteriores, en la Figura 3.6 se aprecia que el costo de la demora en camiones de carga, en el eje carretero México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras, llega a ser de 42,528 millones de pesos en 2023, que representan 25.1% del total del costo de las demoras en los 15 ejes analizados. Por su parte, el eje carretero Querétaro-Ciudad Juárez, con un costo de 30,609 millones de pesos por año. Ambos corredores se destacan por contar con segmentos carreteros de gran importancia comercial para el país, y que son utilizados intensamente por los camiones de carga, debido a que conectan a centros urbanos nacionales como internacionales relevantes.

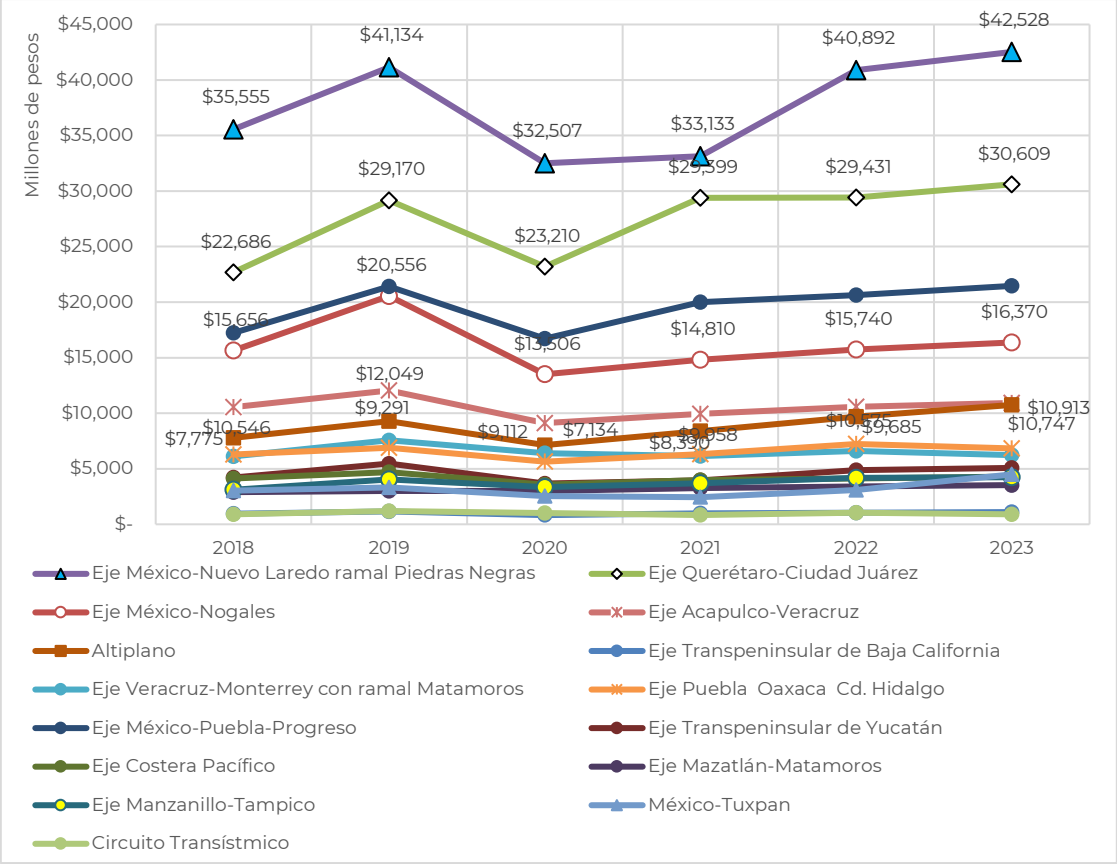


Figura 3.6 Costo anual de las demoras de camiones de carga en los 15 ejes carreteros analizados (cifras en millones de pesos)

En la Figura 3.7, se observa el detalle de los costos por demora por eje troncal, para 2023.

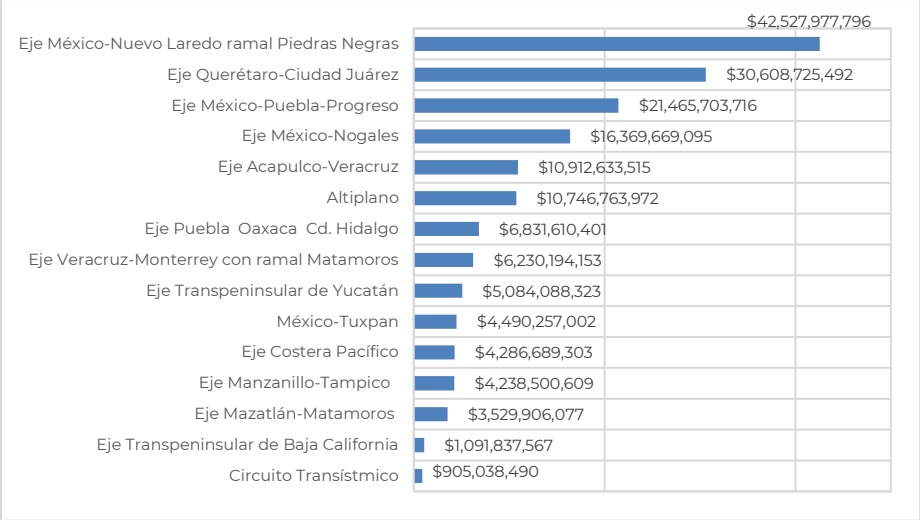


Figura 3.7 Costo anual de las demoras en 2023 en los 15 ejes carreteros analizados (cifras en pesos)

3.2.2 Ejes carreteros por segmentos

Teniendo en cuenta que el corredor México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras y el eje carretero Querétaro-Ciudad Juárez presentan los mayores costos por demora, a continuación, se desglosan por segmentos carreteros para identificar los tramos más caros en este rubro.

3.2.2.1 Eje carretero México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras

Este eje tiene su origen en la Ciudad de México y termina en Nuevo Laredo, con un ramal hacia Piedras Negras. Ocupa la carretera México - Querétaro (cuota), y sigue por el libramiento Nororiente de Querétaro (cuota). Toma la carretera Querétaro-San Luis Potosí, cruza por el Libramiento San Luis Potosí (cuota), para dirigirse a Matehuala hasta el Entronque Puerto México, para seguir hasta La Encantada. Continua entre Saltillo – Monterrey, donde se dirige a Nuevo Laredo, con un ramal a Piedras Negras pasando por Monclova. Este eje carretero está compuesto por los siguientes 11 principales tramos, con una longitud total de 2,124.3 kilómetros (véase Tabla 3.4):

Tabla 3.3 Segmentos carreteros eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras

Tramos carreteros
México - Querétaro (cuota)
Libramiento Nororiente Querétaro (cuota)
Querétaro-San Luis Potosí
Libramiento San Luis Potosí (cuota)
San Luis Potosí - Matehuala
Matehuala - Entronque Puerto México
Puerto México - La Encantada
Saltillo - Monterrey
Saltillo - Monclova
Monclova - Piedras Negras
Monterrey-Nuevo Laredo

En la Figura 3.8 , se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga de 2018 a 2023. En el último año, se estima que el costo por demoras fue un poco superior a los 42 mil millones de pesos.



Figura 3.8 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras (cifras en millones de pesos)

Por segmento carretero se encontró que en 2023 el tramo carretero México-Querétaro, supero los 13 mil millones de pesos anuales en demoras para los camiones de carga (Figura 3.9), es decir, se presenta un costo diario de 36 millones de pesos por demoras. Lo anterior se debe a que a la altura del tramo derecho Libramiento de Querétaro a San Luis Potosí se presenta una cantidad importante de incidentes que entorpecen continuamente el flujo vehicular.

Es importante hacer notar que en el sentido 1, se presenta un TDPA de 77,616 vehículos, y en el sentido 2, de 70,581, en este punto ocurre la segunda máxima afluencia de vehículos de este corredor, con una participación de 19.0 % de camiones de carga en la composición vehicular. El tramo con mayor TDPA se encuentra a la altura de Apodaca: en la dirección 1, muestra un TDPA de 80,226, mientras que en el sentido 2, de 84,250 vehículos. Otros segmentos de este corredor que destacan por tener TDPA mayores a 50,000 vehículos, son Saltillo-Monterrey, Monterrey-Nuevo Laredo, Querétaro-San Luis Potosí y San Luis Potosí-Matehuala, con costos que rondan los 4 y 8 mil millones de pesos por año. Cabe señalar que, en la práctica, estos tramos carreteros llegan a presentar una composición alta de camiones de carga de entre 8 y 20 % del TDPA.

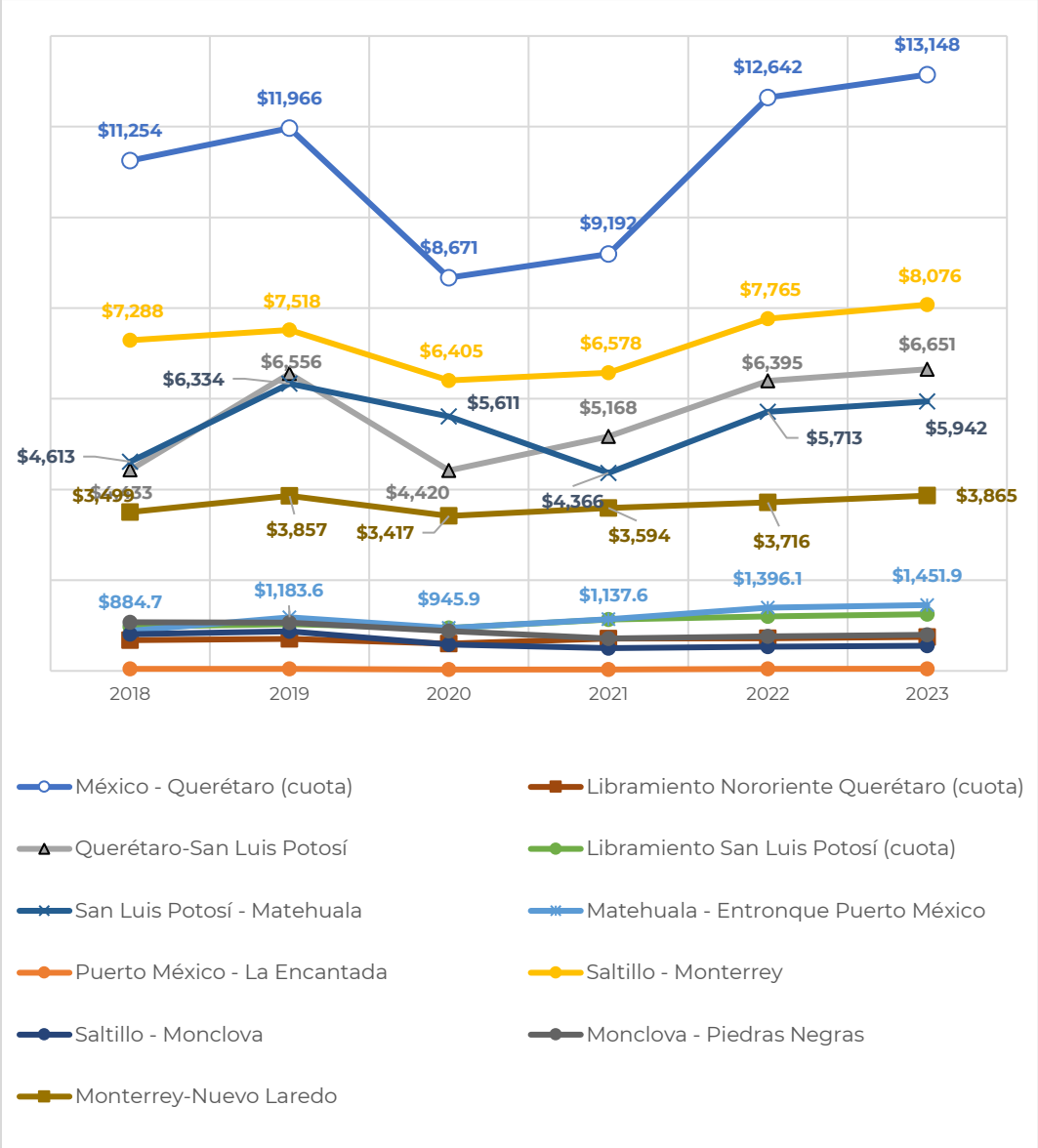


Figura 3.9 Costo anual de las demoras en camiones de carga por segmento carretero del eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras (cifras en millones de pesos)

En la Figura 3.10, se observa el detalle de los costos de demora por segmento carretero del eje Querétaro-Ciudad Juárez, para 2023.

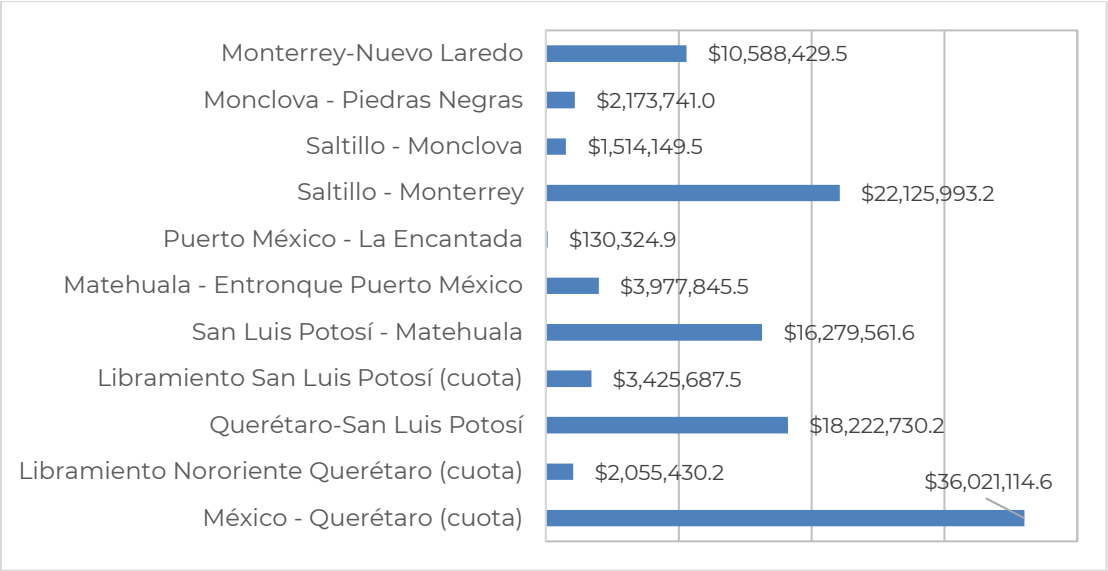


Figura 3.10 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023, por segmento carretero, sobre el eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras (cifras en pesos)

Por lo que respecta a la velocidad promedio de recorrido en cada tramo de este eje carretero, en la Figura 3.11, pueden apreciarse diversos comportamientos; por ejemplo, tramos que mantienen su velocidad en el tiempo, a pesar del incremento del TDPA, y tramos con reducción pronunciada de la velocidad.

El segmento México-Querétaro, es uno de los principales tramos que han visto más afectada su velocidad por el incremento del TDPA. Aun y con la reducción del tránsito en 2020 debido a la pandemia, la velocidad apenas se incrementó relativamente, ya que el TDPA no es el único factor que afecta la velocidad, sino también las obras viales, accidentes, colas en las casetas de cobro, y toda clase de incidentes, como los que se presentan en el tramo carretero más crítico que es Saltillo-Monterrey.

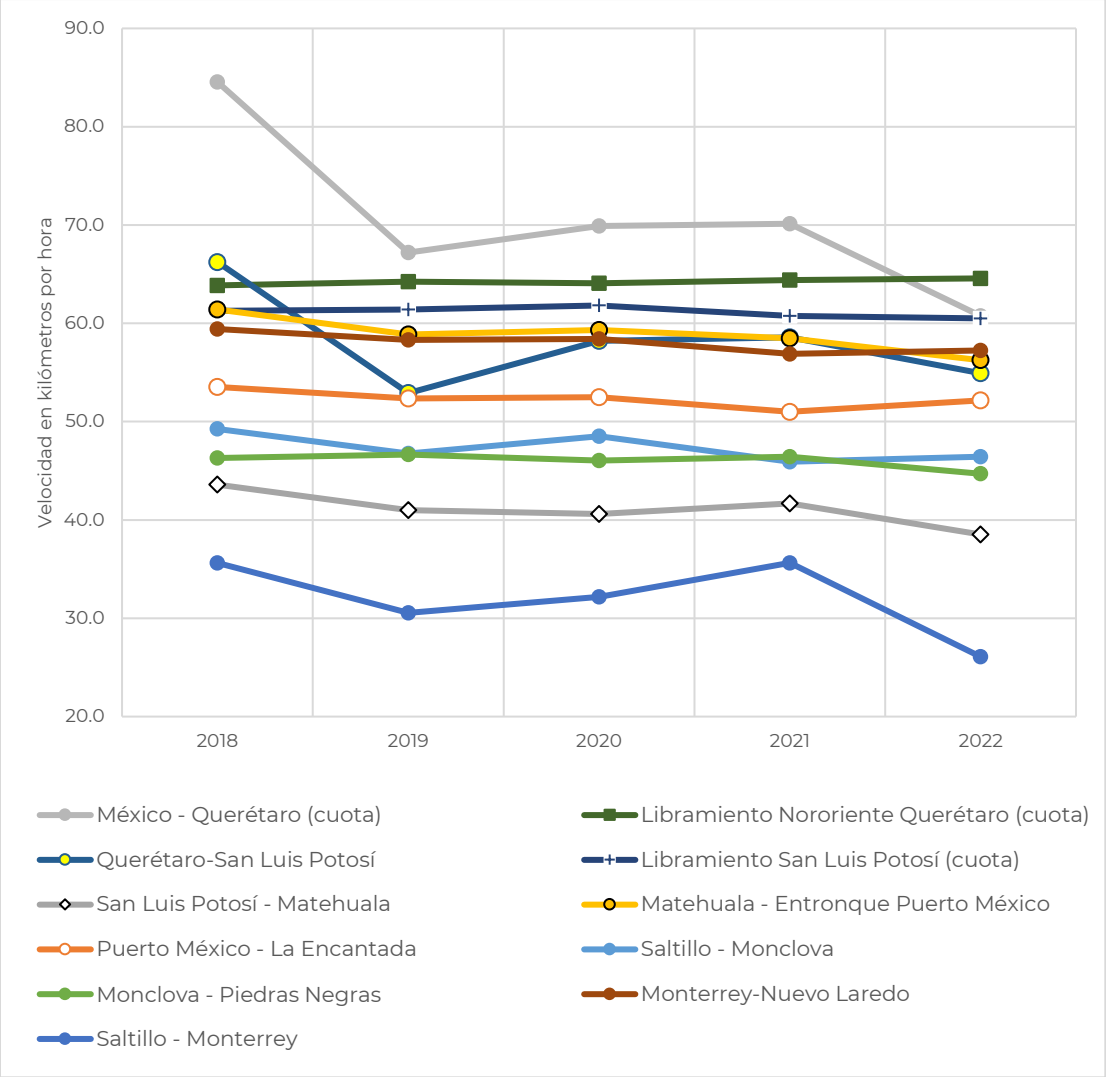


Figura 3.11 Velocidad promedio camiones de carga por tramo en el eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras

Lo anterior, ha ocasionado un incremento del tiempo de demoras en los segmentos carreteros. En 2023, el tiempo de demora sobre todo el eje carretero fue de alrededor de 127 millones de horas anuales (Figura 3.12). De este total, el tramo México-Querétaro en este mismo año, llegó a superar 39 millones de horas por año de tiempo de demora, que representa alrededor de una tercera parte del total del eje. Si bien este tramo carretero, es el de mayor tiempo por demora, su velocidad no ha sido la menor, como es el caso del tramo carretero Saltillo-Monterrey, que ha mostrado muy bajas velocidades por el incremento del TDPA. En la Figura 3.12, se aprecian los tiempos de demora de cada tramo carretero del eje analizado.

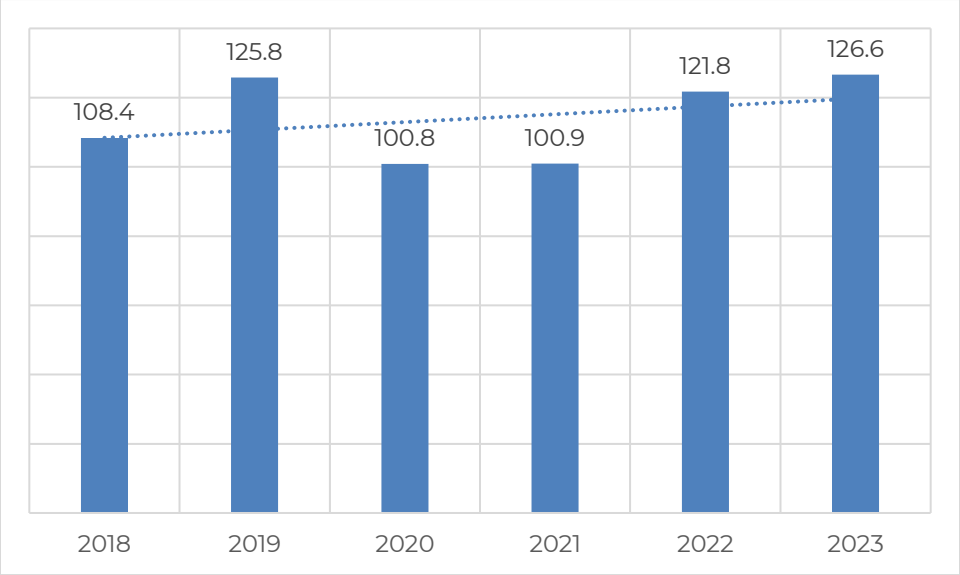


Figura 3.12 Tiempo de demora de camiones de carga por año en el eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras (millones de horas)

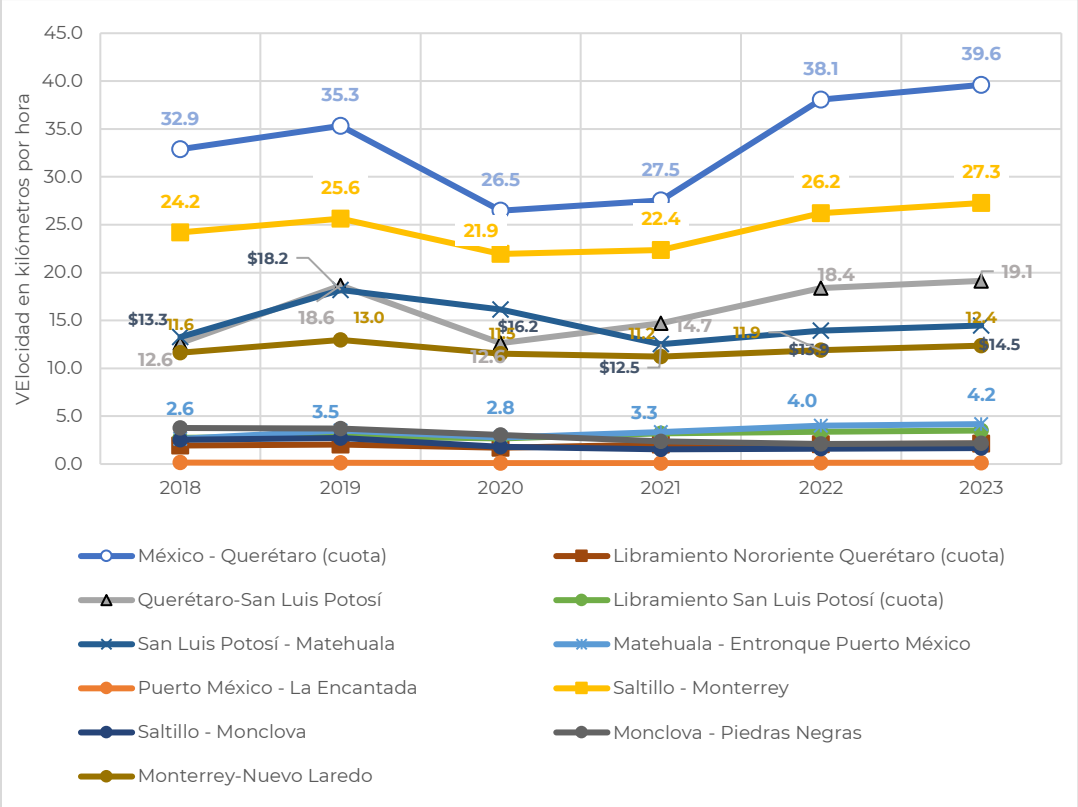


Figura 3.13 Tiempo de demora de camiones de carga por tramo en el eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras (millones de horas)

3.2.2.2 Eje carretero Querétaro-Ciudad Juárez

Este eje carretero está compuesto por los siguientes 20 principales tramos con una longitud de 1,852.59 kilómetros (Tabla 3.4):

Tabla 3.4 Segmentos carreteros eje Querétaro-Cd. Juárez

Tramos carreteros	
Querétaro - Irapuato (cuota)	Torreón-G. Palacio - Jiménez
Querétaro - Irapuato (libre)	Jiménez - Camargo (libre)
Nuevo Libramiento de Irapuato	Jiménez - Camargo (cuota)
Irapuato - León	Camargo - Delicias (cuota)
Salamanca - León (cuota)	Entronque Ciudad Camargo - Saucillo
León - Aguascalientes (cuota)	Delicias - Saucillo
León - Aguascalientes (libre)	Delicias - Chihuahua (libre)
Aguascalientes - Zacatecas	Chihuahua - El Sueco
Zacatecas - Durango	El Sueco-Villa Ahumada (cuota)
Durango - Torreón	Villa Ahumada-Cd. Juárez (libre)

En la Figura 3.14, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023, en la cual se observa que en 2023, el costo de las demoras estuvo muy cerca de 31 mil millones de pesos. La curva que se despliega durante este período, claramente muestra un incremento ascendente, con excepción del año 2020, cuando se presentó la pandemia del COVID-19, que originó una reducción en alrededor de 20.0 % en el costo de la demora.

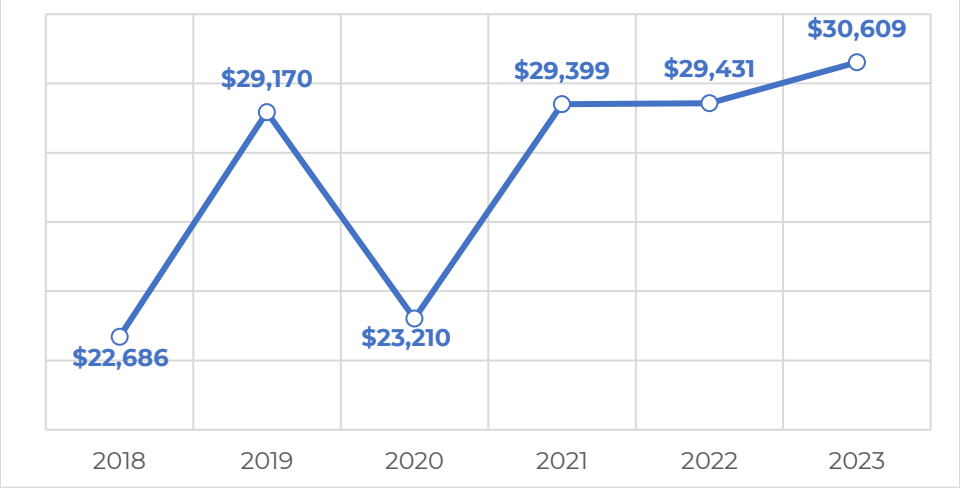


Figura 3.14 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje Querétaro-Ciudad Juárez (millones de pesos)

Por segmento carretero, en este eje se encontró que en 2023 el tramo Querétaro-Irapuato, presentó los costos más altos por demoras en los camiones de carga, con un valor estimado de 7,242 millones de pesos, seguido por el tramo Irapuato-León, con 5,103 millones de pesos. En el primer caso, puede deberse a que los camiones de carga llegan a representar en promedio 21.0 % de la composición vehicular, mientras que, en el segundo, las características operativas de la carretera, dónde existe una gran mezcla con viajes urbanos e interurbanos, originan los altos costos de demora de los camiones de carga (Figura 3.15). Ciertamente, las carreteras de cuota que forman parte del eje presentan costos moderados de demora, como los tramos Salamanca-León y León-Aguascalientes, con costos cercanos a los 1,000 millones de pesos.

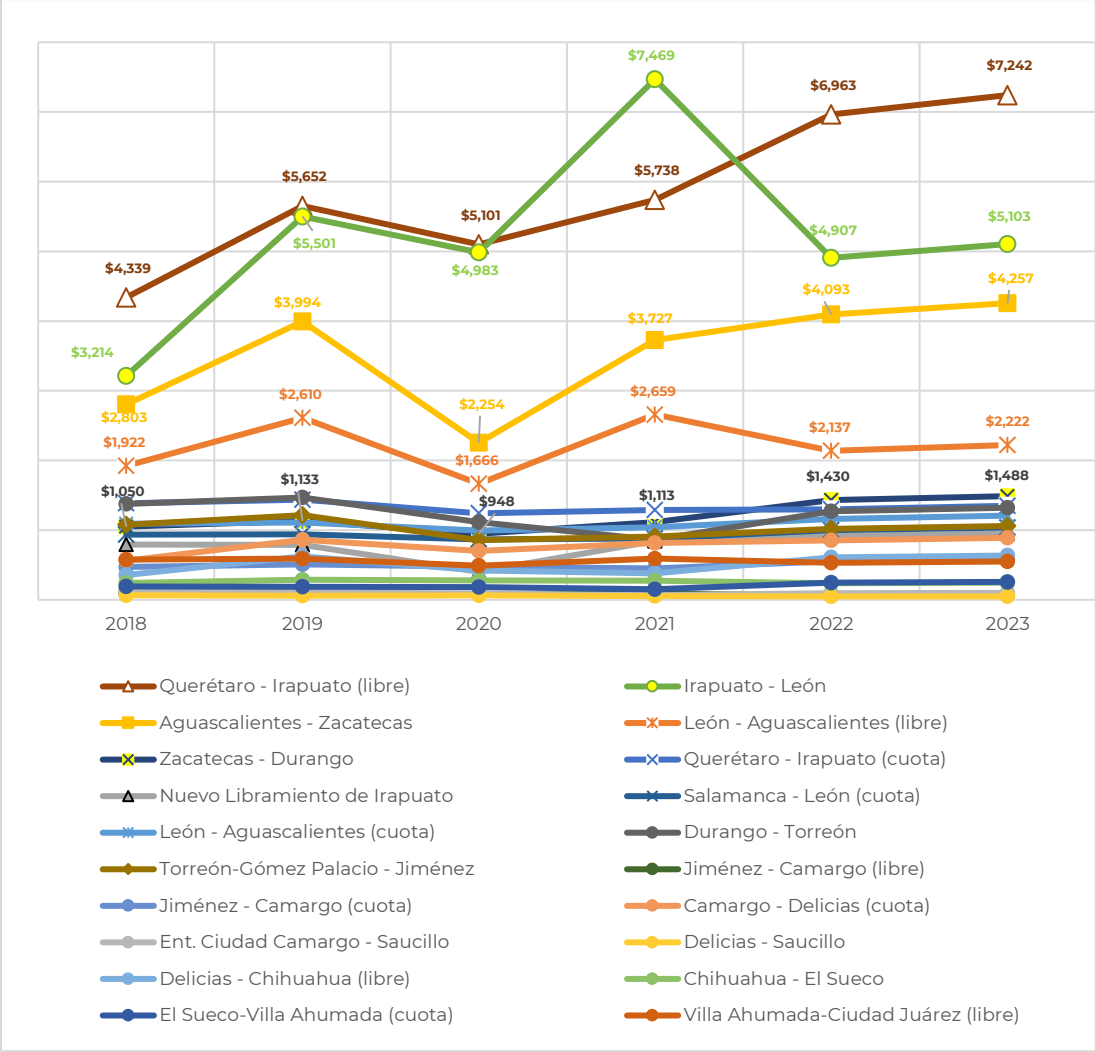


Figura 3.15 Costo anual de las demoras en camiones de carga por segmento carretero del eje Querétaro-Ciudad Juárez (millones de pesos)

En la Figura 3.16, se observa el detalle de los costos por demora , en cada segmento carretero del eje Querétaro-Ciudad Juárez, para 2023.

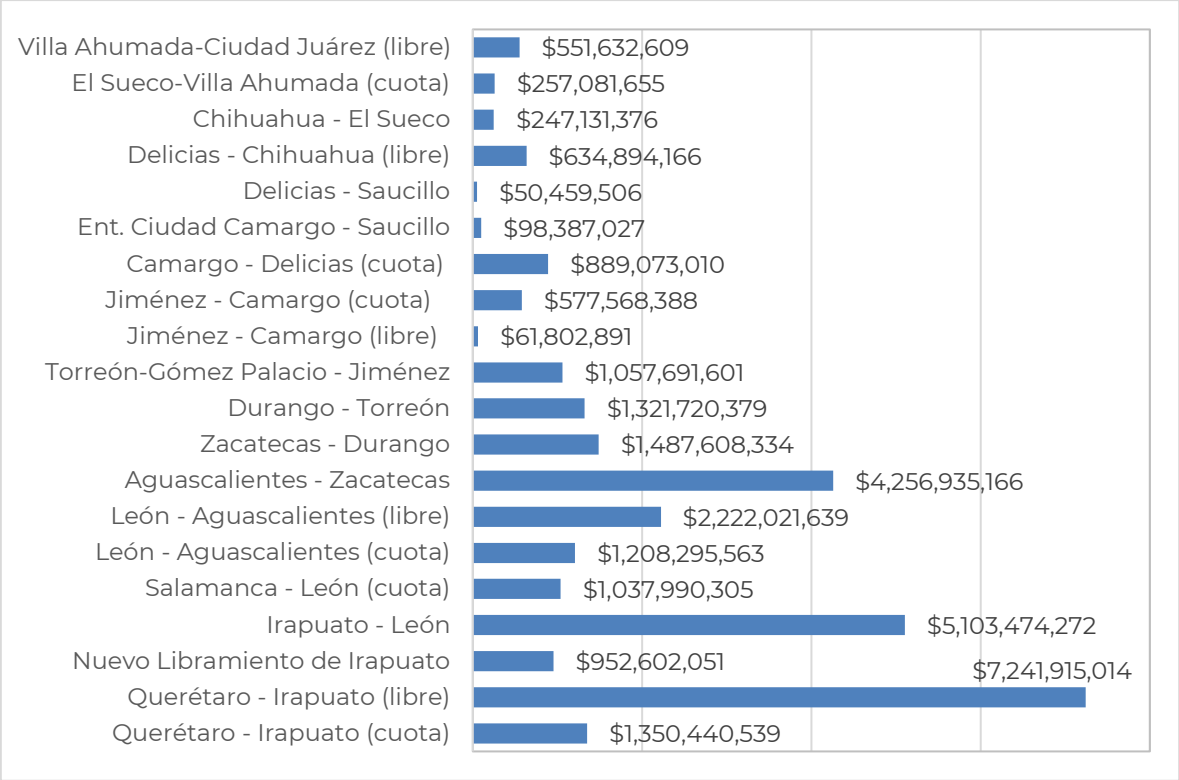


Figura 3.16 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Querétaro-Ciudad Juárez (cifras en pesos)

Por lo que respecta a la velocidad promedio de recorrido en cada tramo de este eje carretero, en la Figura 3.17, pueden apreciarse comportamientos que mantienen su velocidad en el tiempo, a pesar del incremento del TDPA, y tramos con una reducción pronunciada de la velocidad. El segmento Delicias-Chihuahua, es uno tramo que no ha visto afectada su velocidad por el incremento del TDPA.

Por el contrario, el tramo Irapuato-León disminuyó su velocidad de manera sustancial. En ambos casos, las características de la carretera tienen una influencia directa, pero igual, la mezcla de tránsito urbano con el interurbano, situación que se presenta en el segundo caso. Por otro lado, en casi todos los tramos, se puede notar que en el año 2020 sucede una ligera mejora de la velocidad de los camiones de carga, debido principalmente a la reducción de vehículos en las carreteras ocasionado por la pandemia del COVID-19 en dicho año.

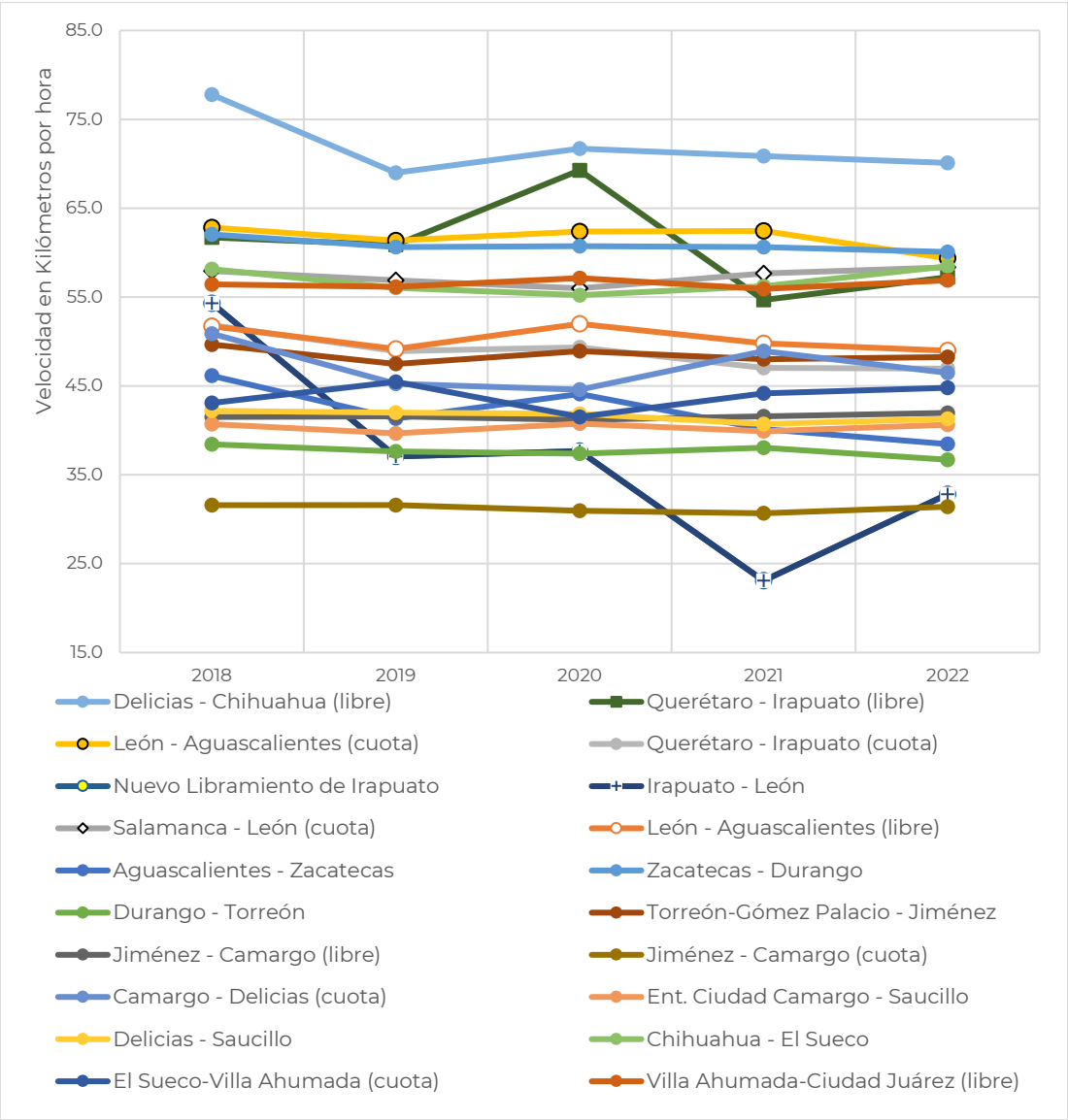


Figura 3.17 Velocidad promedio de los camiones de carga por tramo, en el eje Querétaro-Ciudad Juárez

A partir del análisis de las velocidades sobre este eje carretero, pudo observarse que estas no mostraron variaciones significativas, por tanto, los tiempos de demora en los caminos carreteros presentaron un comportamiento similar. En la Figura 3.18, pueden notarse altas y bajas del número de horas por tiempo de demora, durante el periodo de estudio, que podrían estar asociados a otro tipo de variables que las afectan, ya sea por producción, movilidad, demanda, entre otros, que influyen en el TDPA para que presente fluctuaciones. En dicha figura, se aprecia que el año 2021 fue el más alto en tiempo de demoras, con alrededor de 96 millones de horas, mientras que en 2023 fue de 80 millones de horas.

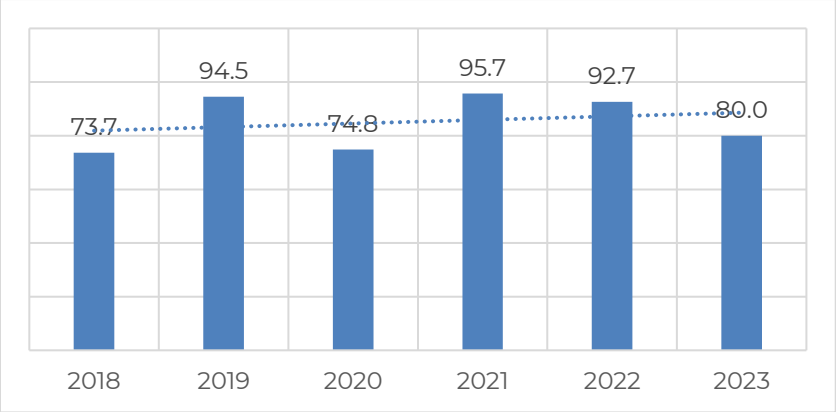


Figura 3.18 Tiempo de demora de camiones de carga por año en el eje Querétaro-Ciudad Juárez (millones de horas)

La estabilidad general de los tiempos de demora, no implica que todos los corredores dispongan de velocidades estables, porque algunos tramos carreteros como Querétaro-Irapuato (16.3 millones de horas), Irapuato-León (15.4 millones de horas), León-Aguascalientes (10.2 millones de horas) y Aguascalientes-Zacatecas (6.7 millones de horas) presentaron los mayores tiempos de demoras, y juntos, representan alrededor del 57.0 % del total de este eje carretero (ver Figura 3.19).

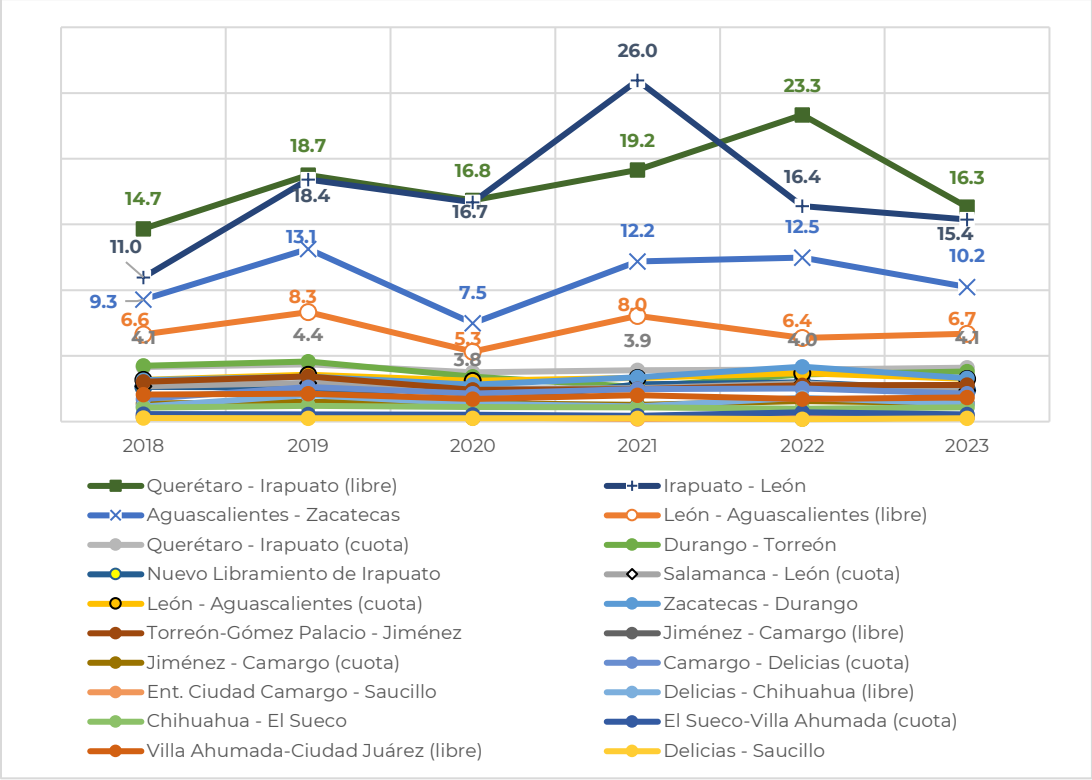


Figura 3.19 Tiempos de demora de los camiones de carga por tramo, en el eje Querétaro-Ciudad Juárez (millones de horas)

3.2.2.3 Eje carretero México-Nogales

Este eje carretero se encuentra constituido por doce segmentos principales que suman una longitud de 2,886.4 kilómetros. Inicia en la Ciudad de México, rumbo a la ciudad de Toluca para pasar por Atlacomulco, donde se dirige a Maravatío y Zapotlanejo. Cruza Guadalajara por su libramiento, para dirigirse a la ciudad de Tepic. Donde toma rumbo hacia Mazatlán, para cruzar las ciudades de Culiacán, Los Mochis, donde sigue a Hermosillo, Magdalena de Kino hasta llegar a Nogales. La lista de segmentos carreteros se puede apreciar en la Tabla 3.4.

Tabla 3.5 Segmentos carreteros México-Nogales

Tramos carreteros	
México - Toluca	Guadalajara-Tepic
Toluca - Atlacomulco	Tepic - Mazatlán
Atlacomulco-Maravatío (cuota)	Mazatlán - Culiacán
Maravatío - Zapotlanejo (cuota)	Culiacán - Los Mochis
Libramiento Guadalajara	Hermosillo-Magdalena de Kino
Guadalajara-Tepic (cuota)	Magdalena de Kino-Nogales

En la Figura 3.20, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga de 2018 a 2023. En este último año, el costo de las demoras llegó a un poco más de 16 mil millones de pesos. En cierta manera, esta cifra representa menos de la mitad de los ejes troncales antes analizados, principalmente, por el menor aforo de vehículos en sus segmentos que lo componen.

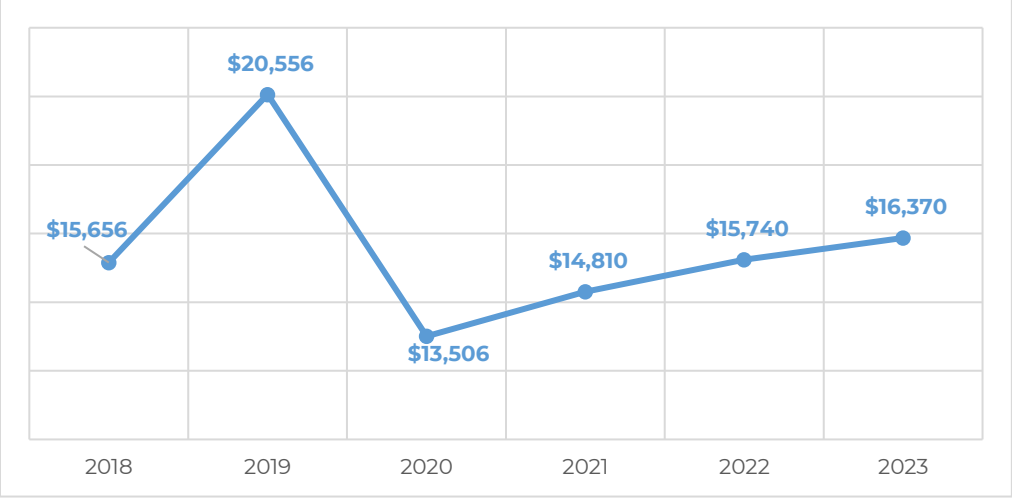


Figura 3.20 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje México-Nogales (cifras en millones de pesos)

Por segmento carretero, se encontró que en 2023 el tramo México-Toluca, presentó los costos más altos por demoras en los camiones de carga con 5,531 millones de pesos, sobre este eje, seguido por el tramo Toluca-Atlacomulco con 2,329 millones de pesos (Figura 3.21). En ambos casos por la notable afluencia de vehículos por estas dos infraestructuras con alto TDPA, se originan las demoras en los camiones de carga. Para el resto de los tramos carreteros, los costos de las demoras se encuentran en alrededor de los 900 millones de pesos.

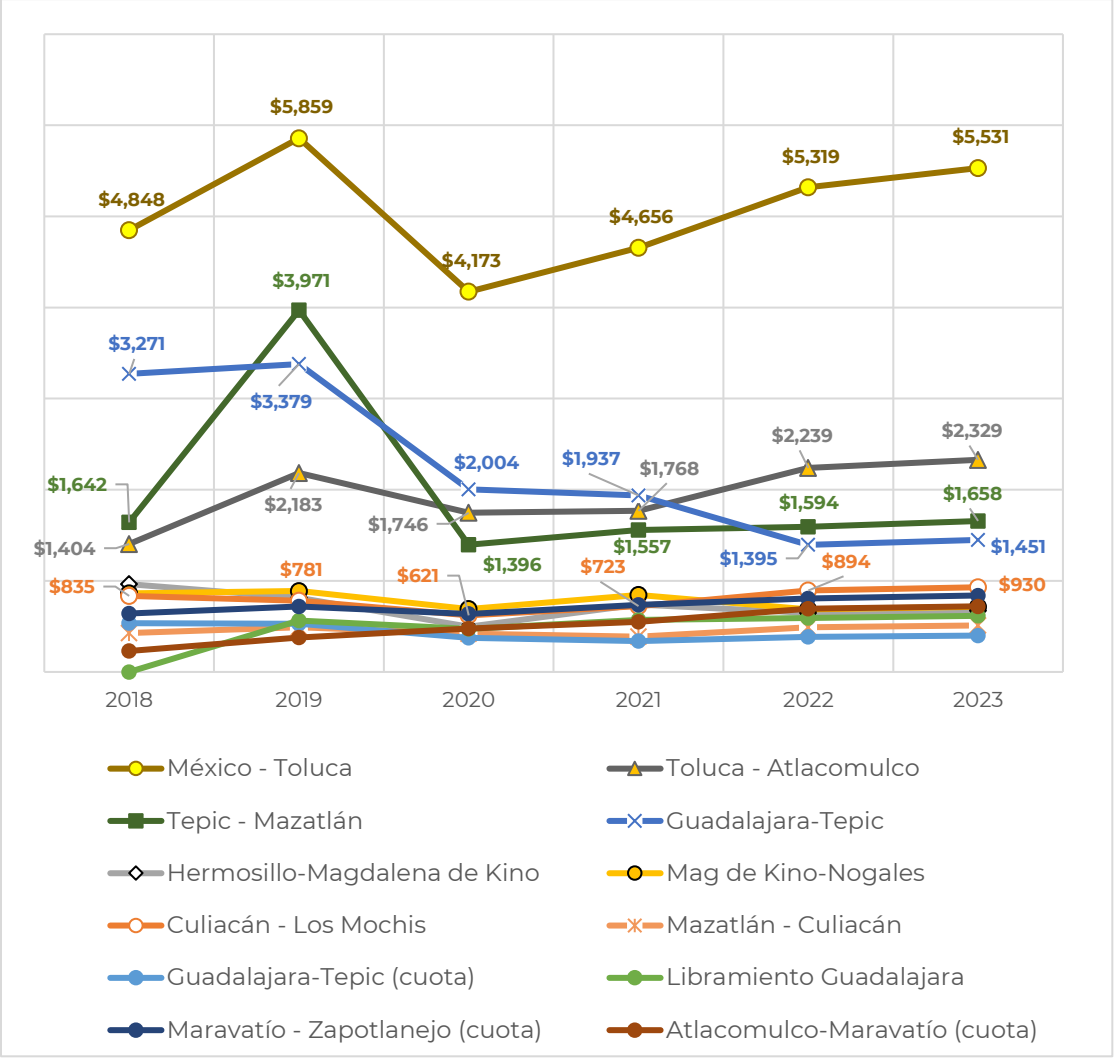


Figura 3.21 Costo anual de las demoras en camiones de carga por segmento carretero del eje México-Nogales (cifras en millones de pesos)

En la Figura 3.22, se observa el detalle de los costos por demora , en cada segmento carretero del eje México-Nogales, para 2023.



Figura 3.22 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje México-Nogales (cifras en pesos)

En la Figura 3.23, se muestra que, para el eje troncal México-Nogales, las velocidades no presentan fluctuaciones significativas, pues se encontró una pequeña reducción de 2018 a 2022 lo que significa que, aun y cuando ha habido un incremento en el TDPA, las velocidades en los camiones de carga no han sido afectadas de manera importante, en gran parte, puede deberse a que la mayoría de los tramos carreteros de este eje, no presenten saturación, es decir, operan con niveles de servicios aceptables.

Justamente, los tramos carreteros México Toluca y Mazatlán-Culiacán, presenta fuertes saturación en ciertos segmentos, que tienen un efecto importante en la velocidad de los camiones de carga, que llega a ser hasta de 30 kilómetros por hora, afectada también por las pronunciadas y prolongadas pendientes que existen en estos tramos carreteros.

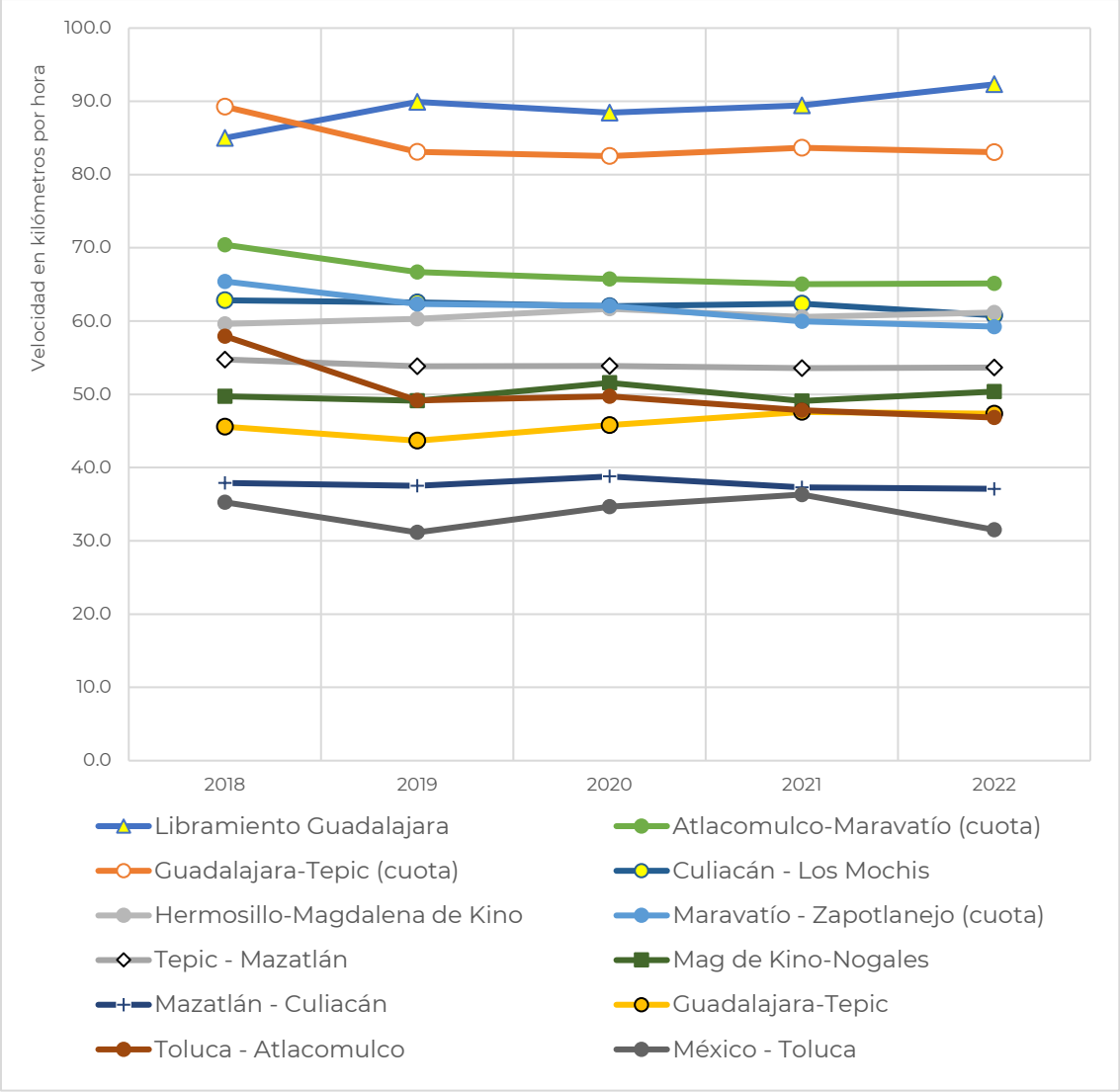


Figura 3.23 Velocidad promedio de los camiones de carga por tramo en el eje México-Nogales

A pesar de contar con uno de los tramos carreteros más congestionados (México-Toluca), este eje troncal muestra menores tiempos de demora totales, en comparación con los anteriores, debido a que sus tramos carreteros, por lo general, son segmentos que unen ciudades de nivel medio que no generan altos volúmenes vehiculares. Como puede apreciarse en la Figura 3.24, en 2019 se presentó el mayor tiempo de demoras con 68.6 millones de horas, los cuales cayeron en 2020 hasta un 34.0 %, para llegar a 45.5 millones de horas. En años subsecuentes, La tasa de crecimiento promedio anual ha sido de 5.6 %, es decir, un crecimiento tenue en comparación a como se venía presentando antes de 2019.

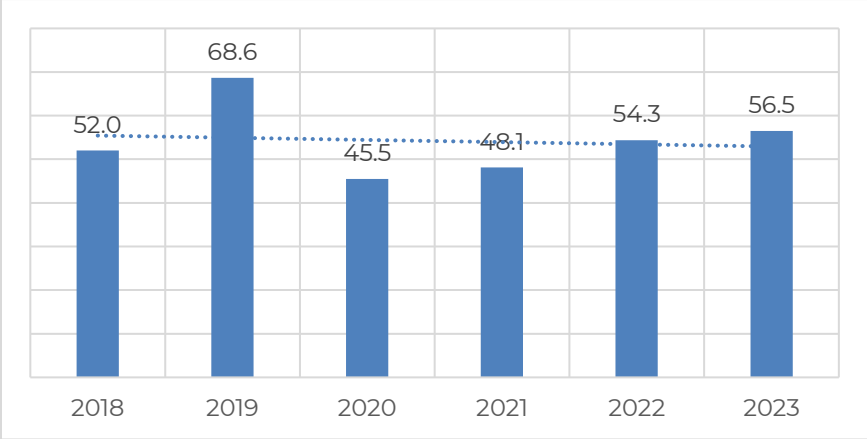


Figura 3.24 Tiempo de demora de camiones de carga por año en el eje México-Nogales (millones de horas)

En la Figura 3.25, se presentan los tiempos de demora por cada tramo del eje carretero México-Nogales, de 2018 a 2023. En dicha figura, destaca el tramo México-Toluca con 21.2 millones de horas de demora en 2023, que representa 37.0 % del total del eje, y que ya supera las horas de demora de 2019.

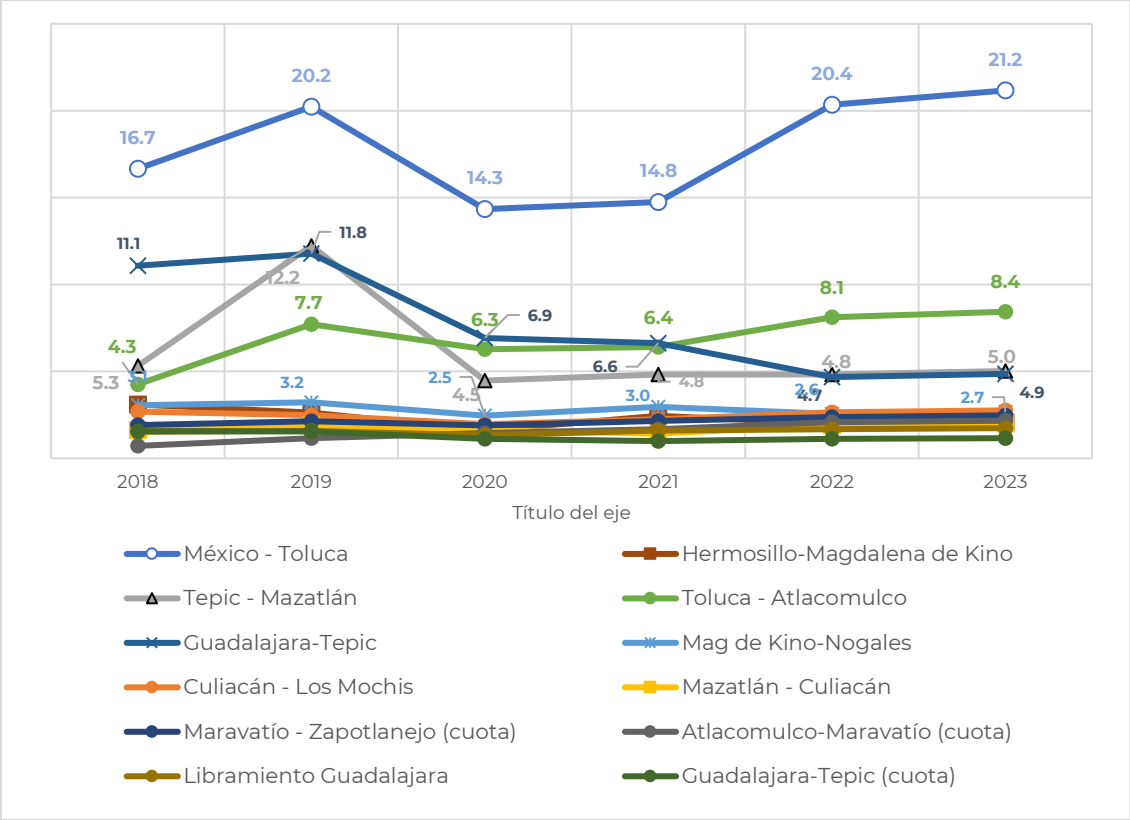


Figura 3.25 Tiempo de demora de camiones de carga por tramo, en el eje Querétaro-Ciudad Juárez (millones de horas)

Como puede apreciarse en la Figura 3.25, este tramo es el único segmento carretero, que presenta un incremento sustancial del tiempo de demoras, después de la pandemia en 2020, con una tasa de crecimiento medio anual de 10.2 %.

3.2.2.4 Eje carretero México-Puebla-Progreso

Este eje carretero se encuentra constituido por once segmentos principales que suman una longitud de 1,388.38 kilómetros. Inicia en la Ciudad de México, rumbo a la ciudad de Puebla para llegar a Córdoba, donde se dirige a Acatzingo para luego arribar a Ciudad Mendoza, donde continua a Acayucan y Nuevo Teapa. Posteriormente se dirige a Cosoleacaque, Villahermosa, donde toma rumbo a Ciudad del Carmen, para dirigirse a Campeche, y después a Mérida, para terminar en Progreso. La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.7.

Tabla 3.6 Segmentos carreteros México-Puebla-Progreso

Tramos carreteros
México - Puebla (cuota)
Puebla - Córdoba (cuota)
Acatzingo - Ciudad Mendoza
Ciudad Mendoza - Córdoba (cuota)
Córdoba - Acayucan
Nuevo Teapa - Cosoleacaque
Coatzacoalcos - Villahermosa
Villahermosa - Ciudad del Carmen
Ciudad del Carmen - Campeche
Campeche - Mérida
Mérida - Progreso

En la Figura 3.26, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. En 2023, el costo de las demoras de los camiones de carga en este eje carretero llegó a $21,466 millones de pesos. Por el valor de las demoras, este eje troncal se coloca en el tercer lugar de los más caros para circular, principalmente, por el volumen vehicular que presentan los segmentos que lo componen.

Por segmento carretero, se encontró que en 2023 el tramo México-Puebla, presentó los costos más altos por demoras en los camiones de carga, con 10,835 millones de pesos, sobre este eje, seguido muy de lejos por el tramo Coatzacoalcos Villahermosa, con 2,909 millones de pesos (Figura 3.27). En el primer caso se debe a la notable afluencia de vehículos por esta infraestructura con alto TDPA y con un promedio de participación del 15.0 % en la composición vehicular que originan las demora en los camiones de carga.

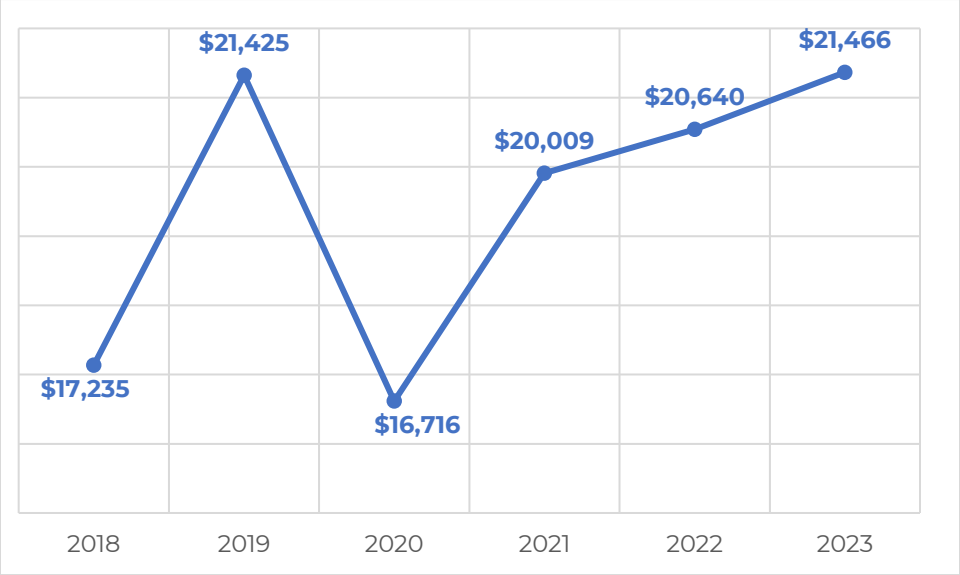


Figura 3.26 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje México-Puebla-Progreso (millones de pesos)

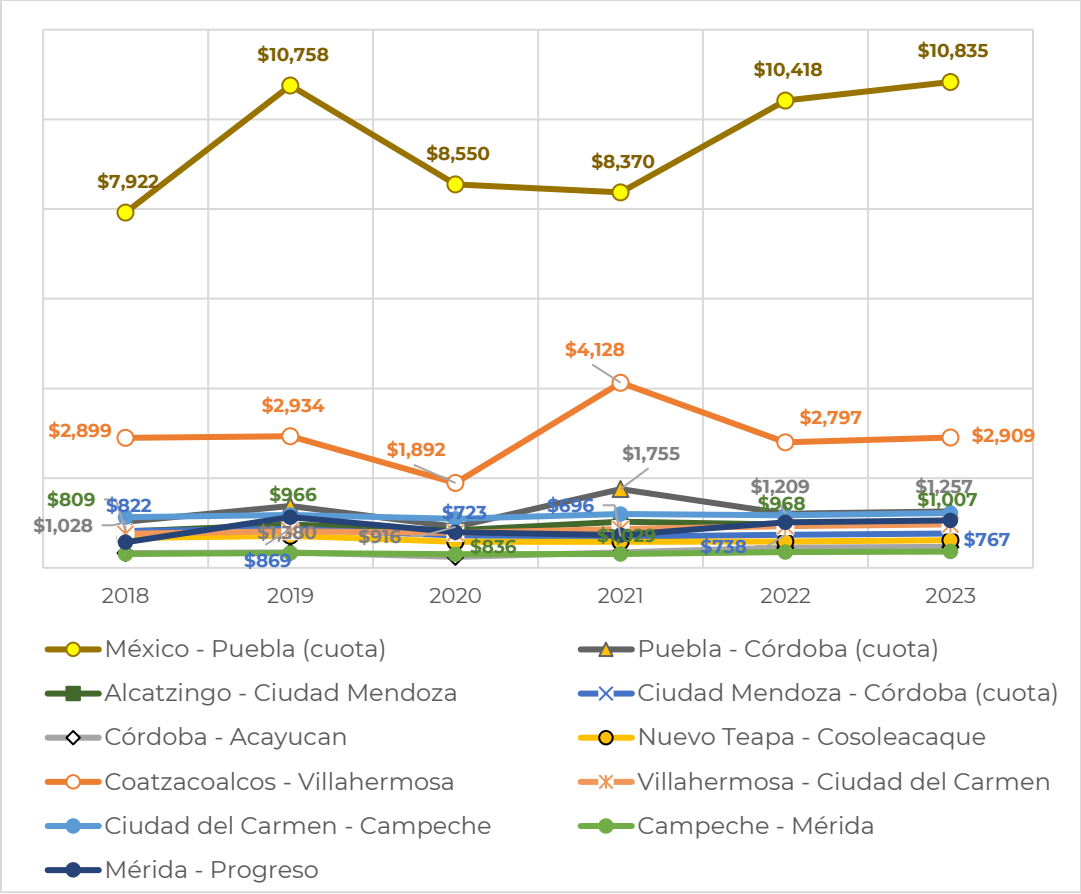


Figura 3.27 Costo anual de las demoras en camiones de carga por segmento carretero del eje México-Puebla-Progreso (cifras en millones de pesos)

En la Figura 3.28, se observa el detalle de los costos por demora en cada segmento carretero del eje México-Puebla-Progreso, para 2023.



Figura 3.28 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje México-Puebla-Progreso (cifras en pesos)

En la Figura 3.29, se observa que, para el eje troncal México-Puebla-Progreso, las velocidades de los camiones de carga en los tramos que lo integran se han sostenido prácticamente al mismo nivel, entre 2018 y 2022, lo cual repercute positivamente en la operación del transporte, debido a que los costos y los tiempos por demora son menores en comparación con los otros ejes carreteros ya analizados.

El tramo de Ciudad del Carmen-Campeche, así como el tramo Villahermosa- Ciudad del Carmen, presentan las menores velocidades de los camiones de carga, debido a que dichos segmentos, conectan estas tres ciudades con problemas de vialidad y alto tránsito urbano.

Por lo que se refiere a los tiempos de demora de este eje carretero, puede notarse que ofrece el mismo escenario que el eje anterior, debido a que alcanza su máximo en 2019, y cae en 2020 por la pandemia, para luego aumentar medianamente rápido hasta el 2022, con una tasa de crecimiento media anual de 9.6 %, pero sin llegar a los niveles de 2019. Bajo esta premisa, la proyección de estos valores, se estima que para 2023 podría haber alcanzado 73.4 millones de horas de demora, valores muy similares a 2019 (ver Figura 3.30).

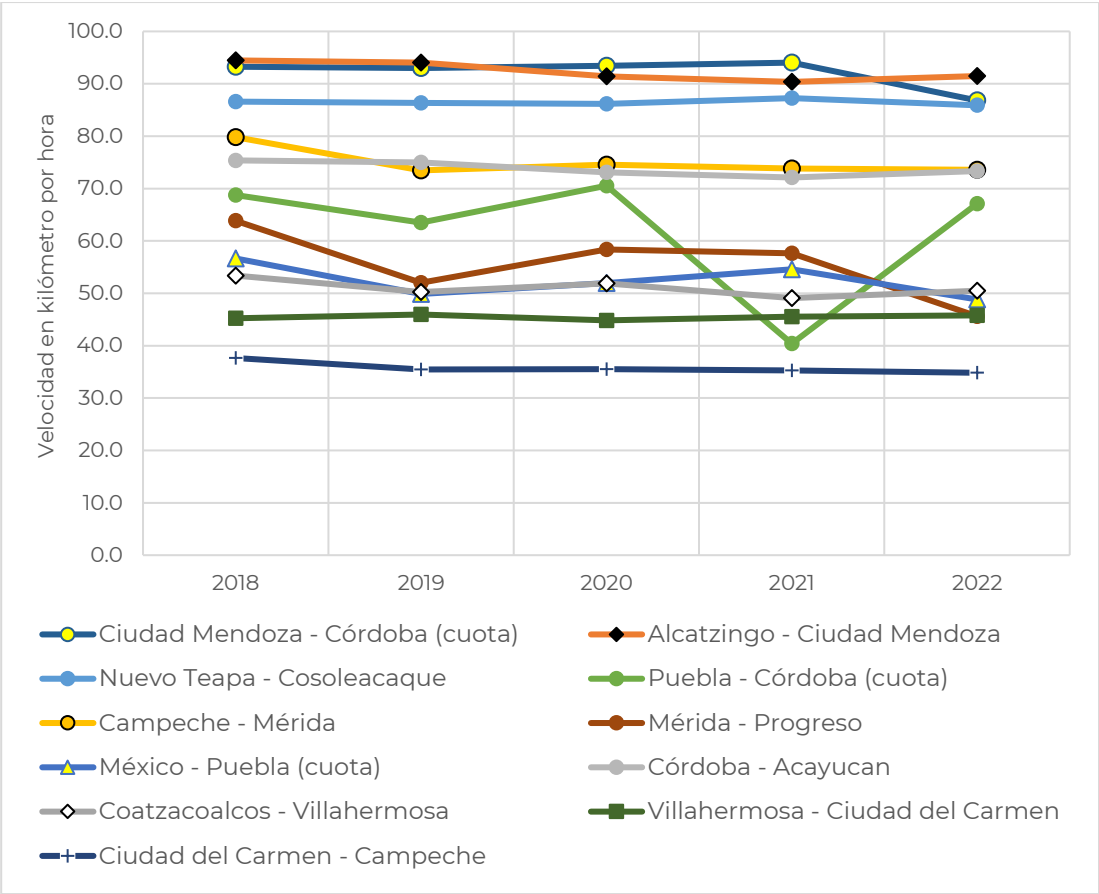


Figura 3.29 Velocidad promedio de los camiones de carga por tramo, en el eje México-Puebla-Progreso

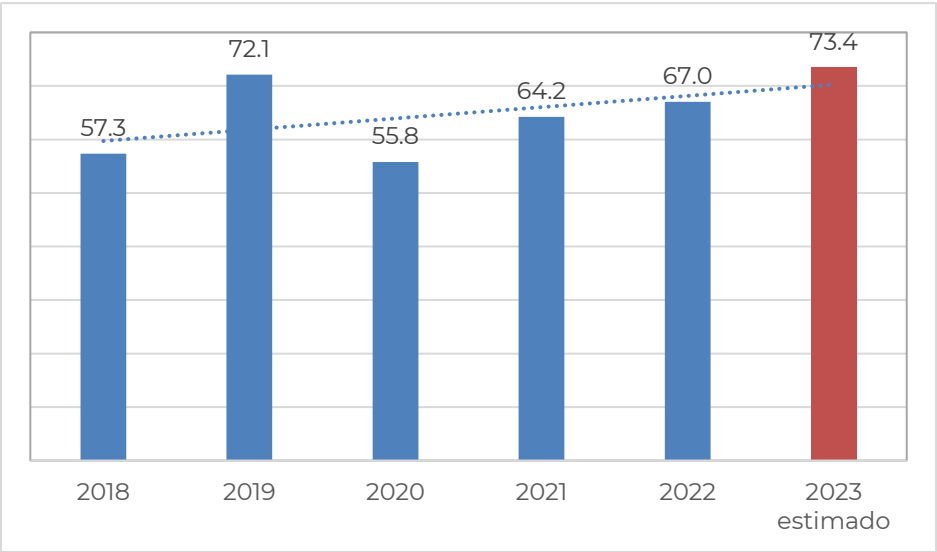


Figura 3.30 Tiempo de demora de camiones de carga por año en el eje México-Puebla-Progreso (millones de horas)

En la Figura 3.31, se muestra el tiempo de demora por tramo carretero del eje analizado. Como puede observarse en dicha figura, el tramo carretero México-Puebla (cuota) es el que presenta el mayor número de horas por demora que, en 2023, llegó a representar hasta 55.0 % de las horas de demora sobre el eje troncal, debido al gran intercambio de flujos de demanda entre la Ciudad de México y la ciudad de Puebla, con volúmenes de TDPA de alrededor de 72 mil vehículos promedio en ambos sentidos.

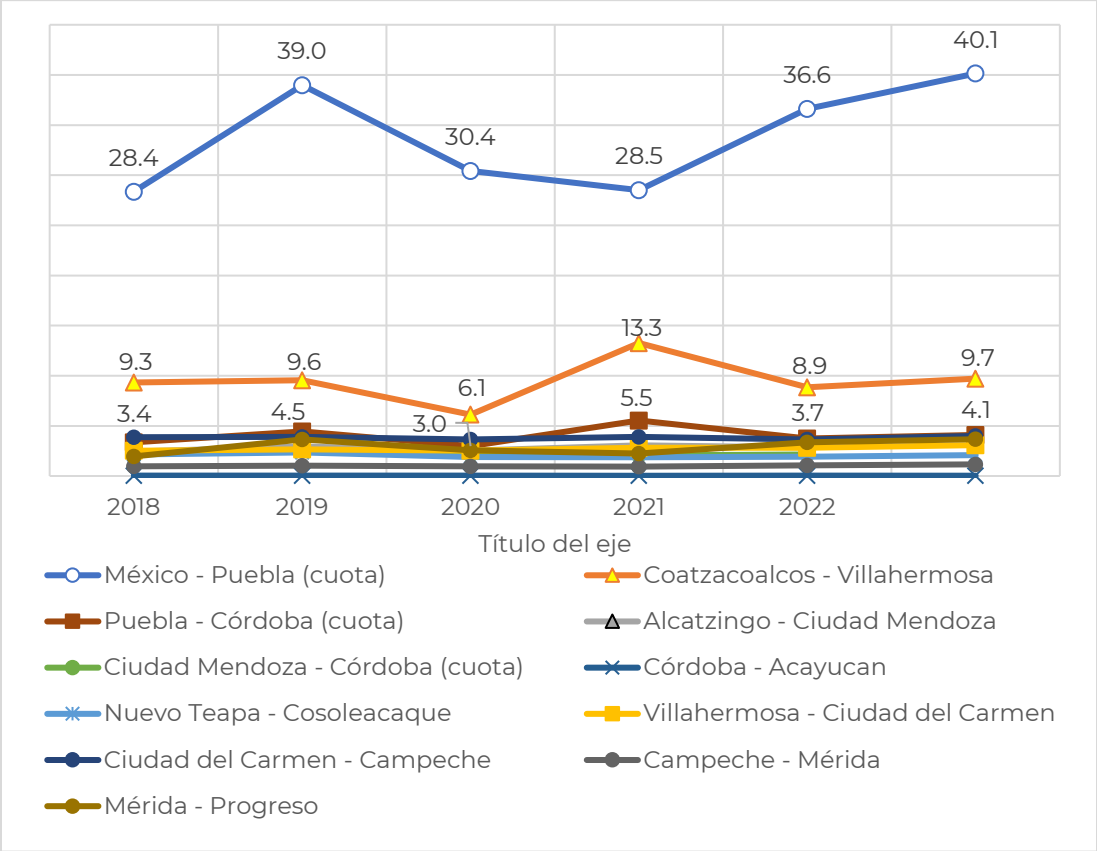


Figura 3.31 Tiempo de demora de camiones de carga por tramo en el eje México-Puebla-Progreso (millones de horas)

3.2.2.5 Eje carretero Transpeninsular de Yucatán

Este eje carretero se encuentra constituido por cinco segmentos principales que suman una longitud de 1,309.6 kilómetros. Inicia en la ciudad de Villahermosa, para dirigirse a Francisco Escárcega, y de ahí a Chetumal, donde toma rumbo a Reforma Agraria para seguir a Puerto Juárez, y de ahí dirigirse a la ciudad de Mérida. La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7 Segmentos carreteros Transpeninsular de Yucatán

Tramos carreteros
Villahermosa-Francisco Escárcega
Francisco Escárcega-Chetumal
Reforma Agraria-Puerto Juárez
Mérida - Puerto Juárez
Mérida - Cancún (cuota)

En la Figura 3.32, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. Este eje carretero, presenta menores niveles de congestión, pues su costo por demora en 2023, fue de alrededor de 5,084 millones de pesos, que equivale a una octava parte del costo que presento el eje México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras. En general, los principales problemas de congestión se presentan en las ciudades importantes de la región, como son Villahermosa, Mérida, y Cancún.

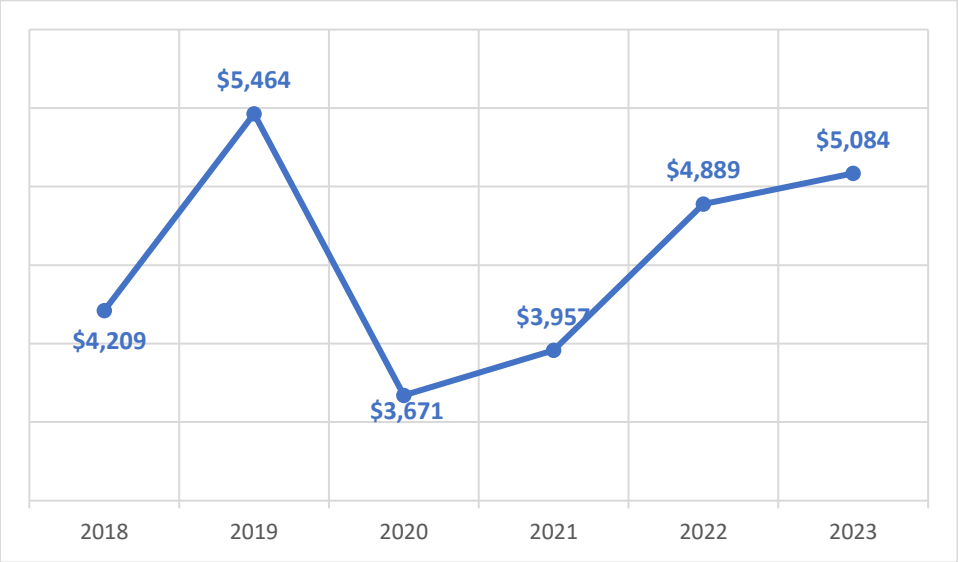


Figura 3.32 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje Transpeninsular de Yucatán (cifras en millones de pesos)

Por segmento carretero, en 2023 el tramo Reforma Agraria-Puerto Juárez, presentó los costos más altos por demoras en los camiones de carga, con 2,724 millones de pesos, sobre este eje troncal, seguido a la distancia por el tramo Villahermosa-Francisco Escárcega, con 1,298 millones de pesos (Figura 3.33). En el primer caso se debe a la notable afluencia de vehículos por esta infraestructura con alto TDPA y con un promedio de participación del 11.0 % en la composición vehicular, lo cual origina las demoras en los camiones de carga. En el corredor, se tienen un TDPA de 14,000 vehículos.

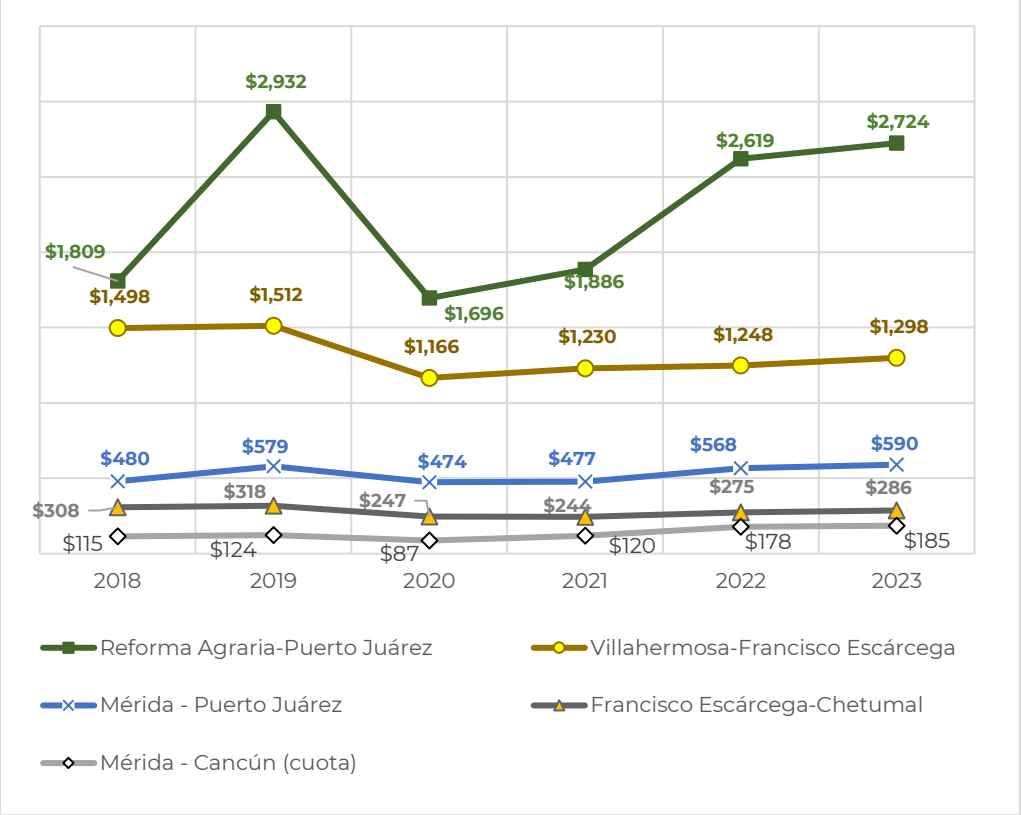


Figura 3.33 Costo anual de las demoras en camiones de carga por segmento carretero del eje Transpeninsular de Yucatán (cifras en millones de pesos)

En la Figura 3.34, se observa el detalle de los costos por demora, en cada segmento carretero del eje Transpeninsular de Yucatán, para 2023.

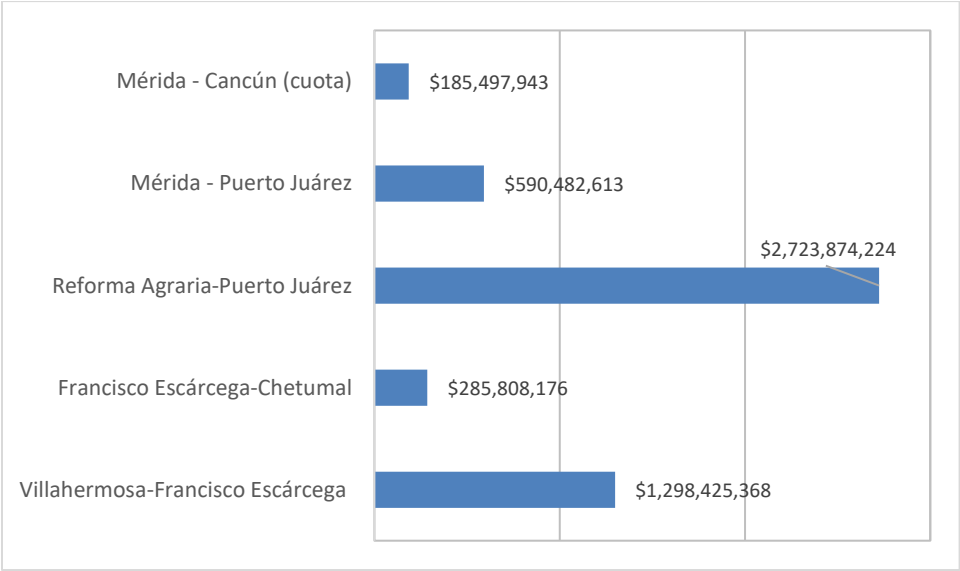


Figura 3.34 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Transpeninsular de Yucatán (cifras en pesos)

Cómo se dijo al principio, las velocidades en flujo libre se estiman a partir de la metodología diseñada por el *Transportation Research Board*, que considera algunas de las características de las carreteras, como son el número de carriles y los anchos de carril, acotamiento, calzada y corona, las cuales determinan la velocidad del camino. En este eje troncal, gran parte de su Infraestructura se encuentra constituida por caminos de dos carriles, con lo cual se restringe la velocidad operativa de los vehículos, y sobre todo de los camiones de carga.

Ciertamente, el tramo carretero más crítico de este eje es el Mérida-Puerto Juárez (libre), que presenta restricciones de velocidad por el número de carriles y por la cantidad de poblaciones que cruzan los camiones de carga (Figura 3.35).

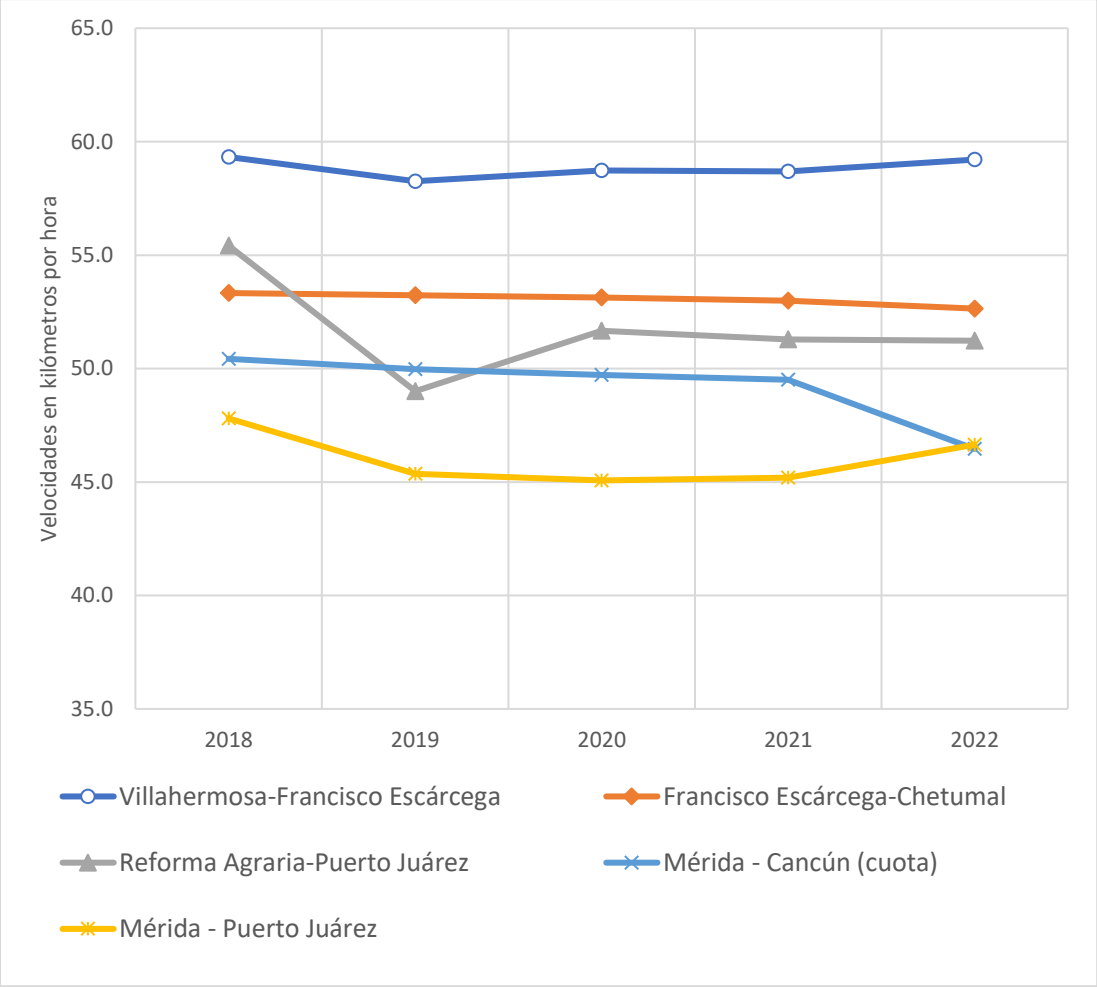


Figura 3.35 Velocidad promedio de los camiones de carga por tramo, en el eje Transpeninsular de Yucatán

En 2023, el tiempo total de demoras en este eje carretero fue de 18.3 millones de horas, alcanzando un máximo de 19.8 millones en el año 2019. De acuerdo con estas cifras, dicho tiempo puede considerarse poco significativo, si se compara con los 126 millones de horas que presentó el eje carretero México-Querétaro. Ciertamente, en el tramo más crítico (Reforma Agraria-Puerto Juárez) se presentan volúmenes de TDPA de alrededor de 27,000 vehículos promedio en ambos sentidos. Esto es, las carreteras de este eje troncal presentan baja saturación en la mayoría de los tramos, excepto en aquellos donde se conectan las principales ciudades de la región. En la Figura 3.36, se muestra el tiempo de demora, en el periodo de 2018 a 2023, con una tasa de crecimiento media anual de 3.8 %.

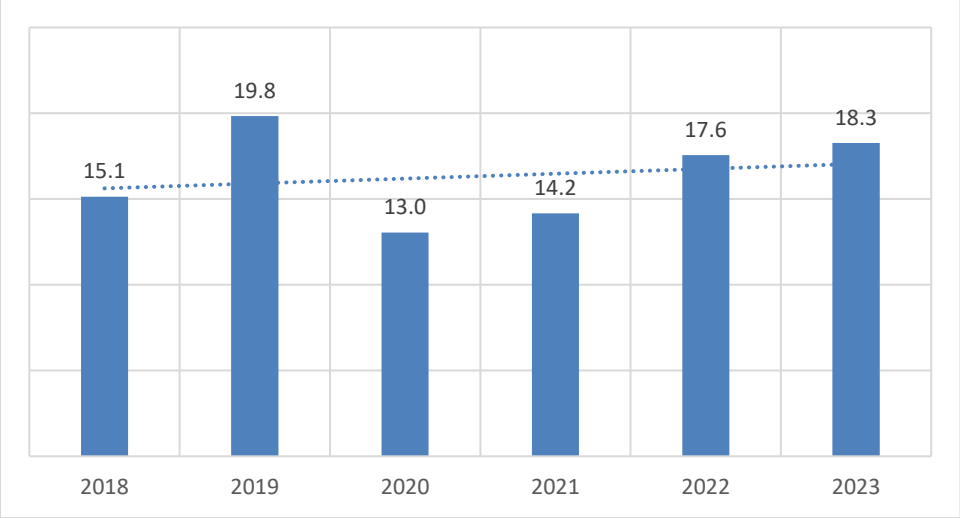


Figura 3.36 Tiempos de demora de los camiones de carga por año, en el eje Transpeninsular de Yucatán (millones de horas)

En la Figura 3.37, se presentan los tiempos de demora por tramo del eje carretero analizado, como se señaló en el párrafo anterior, el tramo Reforma Agraria-Puerto Juárez, representa 60.0 % de los tiempos totales de demora del eje en cuestión. En ese tramo, prácticamente se concentran los volúmenes más altos de TDPA, porque conecta diversos destinos importantes en la región. Las conexiones entre Mérida-Puerto Juárez, así como Mérida-Cancún, presentan un menor número de horas de demora debido a que su capacidad no ha sido afectada.

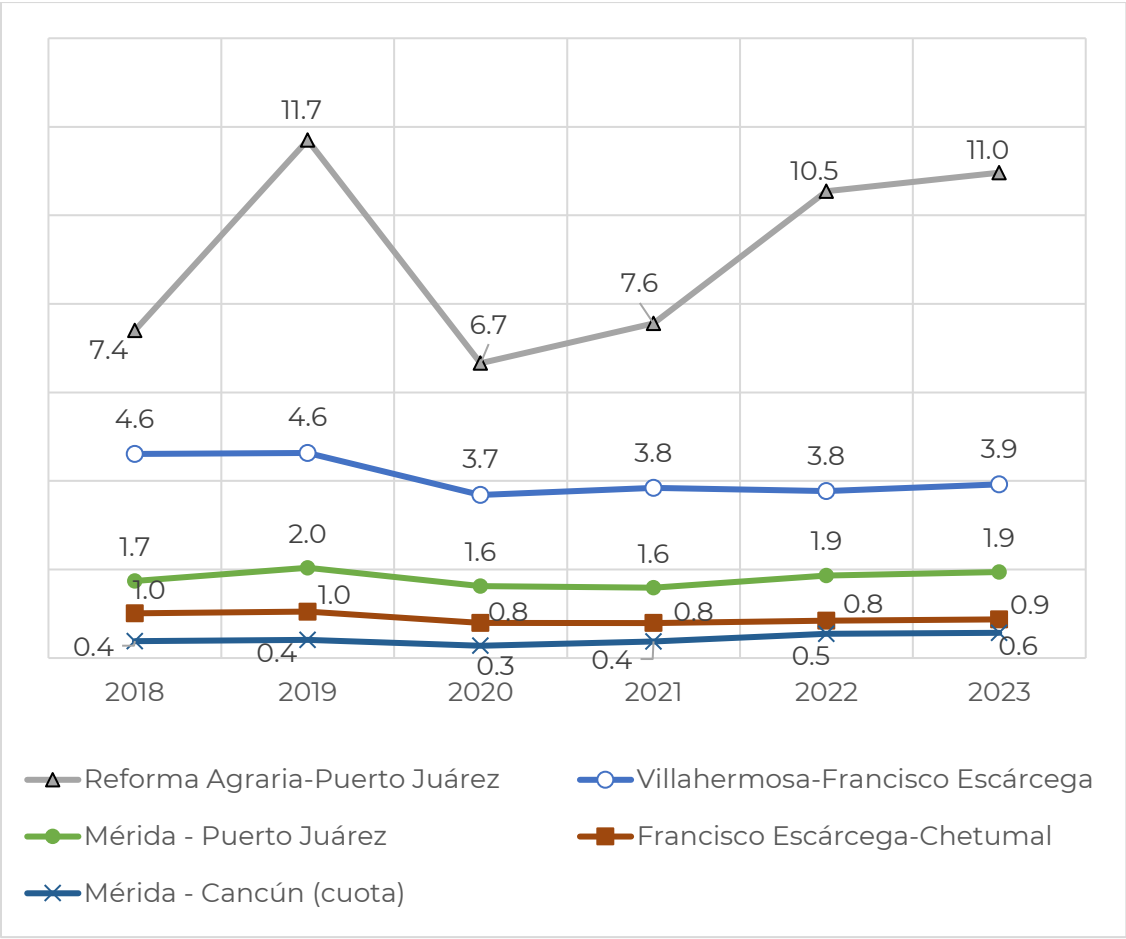


Figura 3.37 Tiempo de demora de camiones de carga por tramo, en el eje Transpeninsular de Yucatán (millones de horas)

3.2.2.6 Eje carretero Transpeninsular de Baja California

Este eje carretero se encuentra constituido por seis segmentos principales que suman una longitud de 1,757.8 kilómetros. Inicia en la ciudad de Tijuana, para dirigirse a Ensenada, y de ahí a Lázaro Cárdenas, donde toma rumbo a Guerrero Negro para seguir hasta Santa Rosalía, y de ahí dirigirse a la ciudad Insurgentes, para llegar a Loreto, hasta La Paz. La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Segmentos carreteros Transpeninsular de Baja California

Tramos carreteros
Tijuana - Ensenada (libre)
Ensenada - Lázaro Cárdenas
Lázaro Cárdenas - Entronque Punta Prieta - Guerrero Negro
Santa Rosalía - Guerrero Negro - Santa Rosalía
Ciudad Insurgentes - Loreto
La Paz - Ciudad Insurgentes

En la Figura 3.38, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. Este eje carretero, presenta menores niveles de congestión, pues su costo por demora en 2023 fue de alrededor de 1,092 millones de pesos, lo que representa apenas 0.6 % del costo de las demoras en el total de corredores del país. En general, los principales problemas de congestión son por el paso obligado a través de algunas ciudades medias.

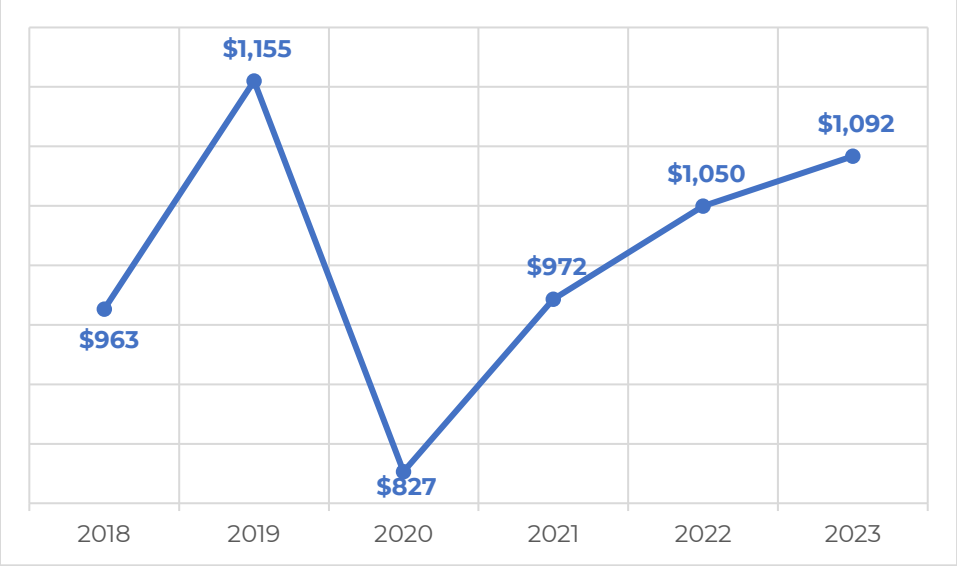


Figura 3.38 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje Transpeninsular de Baja California (cifras en millones de pesos)

Por segmento carretero, se encontró que en 2023 el tramo Ensenada-Lázaro Cárdenas, presentó los costos más altos por demoras en los camiones de carga, con 349 millones de pesos anuales sobre este eje troncal, seguido a la distancia por el tramo Tijuana-Ensenada, con casi 257 millones de pesos (Figura 3.39). Comparados con los tramos más congestionados del país, estas cifras parecen insignificantes. Incluso, en el primer tramo se puede observar, una reducción del costo de las demoras de 2018 a 2023, debido a las mejoras de la infraestructura que se han llevado a cabo en este eje troncal, a pesar de contar con una participación activa de la flota de transporte de carga en la composición vehicular. Ciertamente, el nivel de congestión es poco percibido por los usuarios, porque el TDPA se concentra, en mayor medida, entre las ciudades de Tijuana y Ensenada.

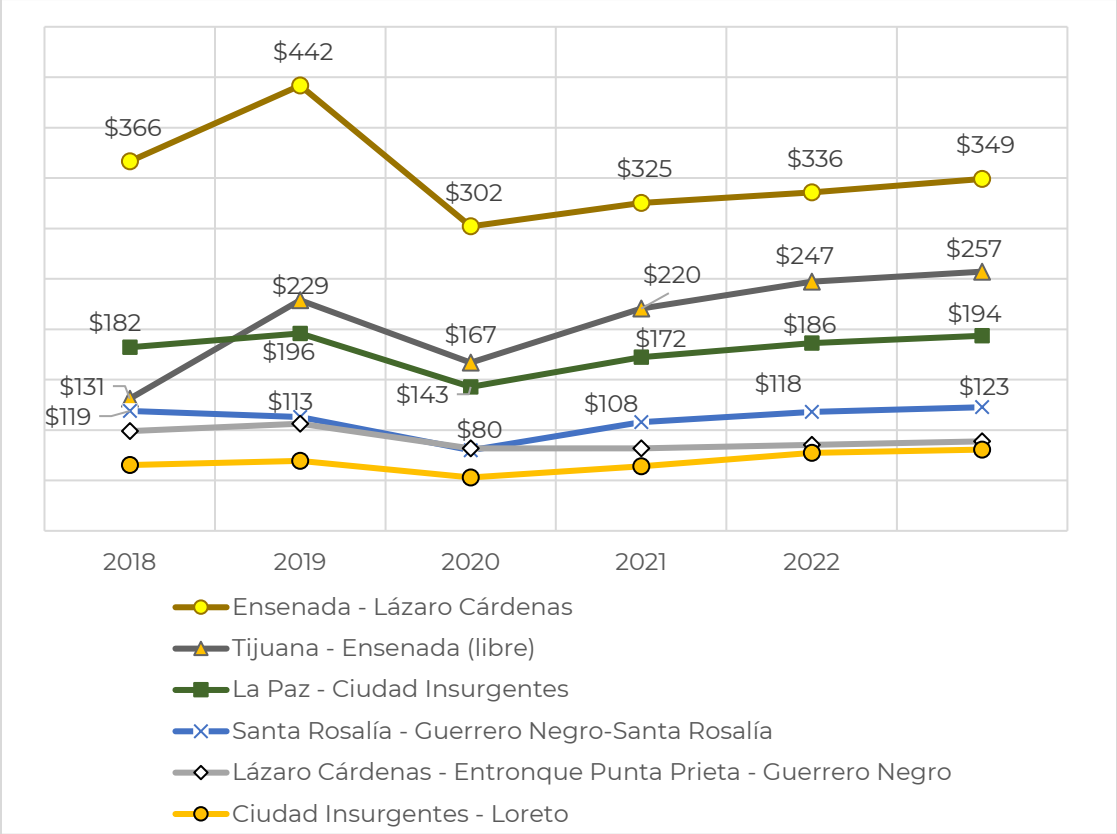


Figura 3.39 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Transpeninsular de Baja California (cifras en millones de pesos)

En la Figura 3.40, se observa el detalle de los costos por demora, en cada segmento carretero del eje Transpeninsular de Baja California, para 2023.

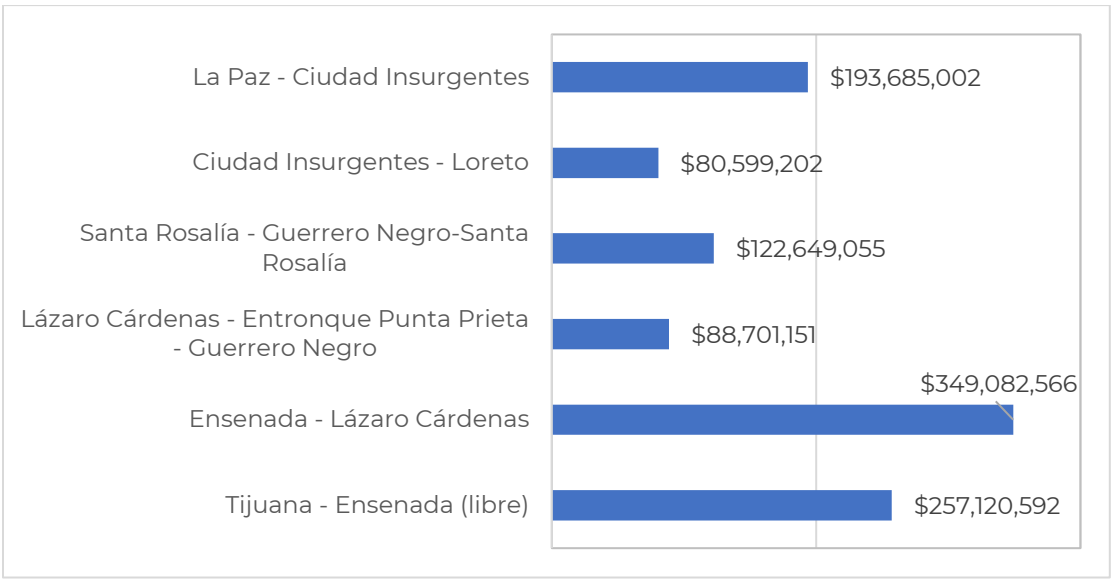


Figura 3.40 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023 por segmento carretero del eje Transpeninsular de Baja California (cifras en pesos)

En lo que respecta a las velocidades promedio de los camiones de carga sobre este eje de transporte, se detectó que, en algunos casos, lejos de reducirse la velocidad, esta se ha incrementado ligeramente. Ciertamente, las velocidades en este eje carretero prácticamente se han mantenido en rangos aceptables, que van entre 58 y 63 km/h. Sin embargo, en la Figura 3.41, el tramo crítico se refiere a Tijuana-Ensenada; obviamente porque une dos de las principales ciudades en esa región, con volúmenes altos de TDPA y una mezcla de camiones pesados y ligeros.

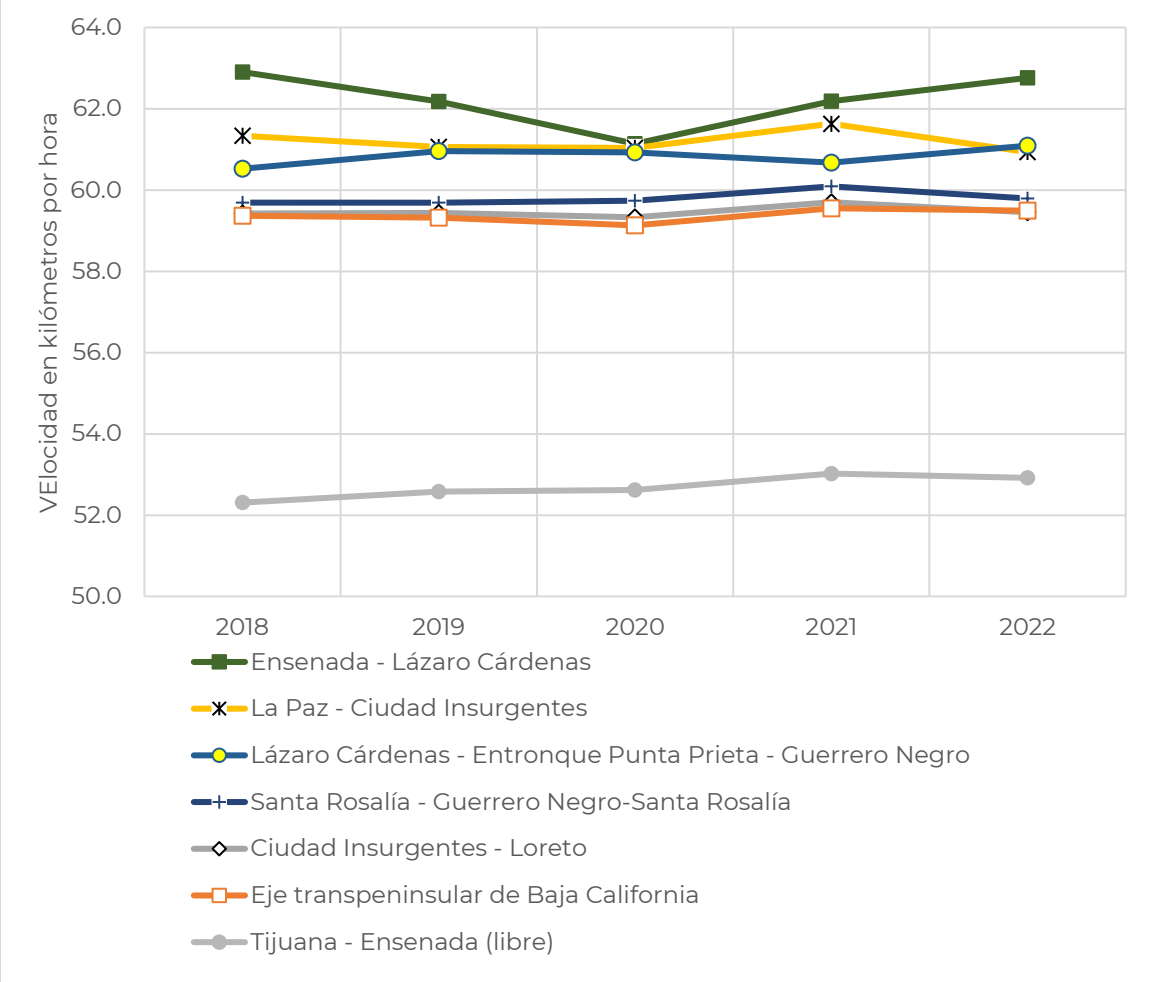


Figura 3.41 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Transpeninsular de Baja California

En términos generales, se ha visto que el comportamiento del tiempo total de las demoras, de los camiones de carga sobre los ejes de troncales, ha sido muy similar en los 15 ejes carreteros, presentándose en 2019, un valor

superior al resto de los años subsecuentes, con caídas en 2020 ocasionadas por el COVID-19. Sin embargo, existe una brecha significativa en la cantidad de horas por demoras entre ciertos ejes, en especial entre aquellos con destino o dirección a los Estados Unidos, y que parten del centro de México, en comparación con los ejes carreteros transversales o peninsulares. Por ejemplo, en este caso para el eje Transpeninsular Baja California, que en 2023 se estimó alrededor de 4.0 millones de horas de demoras, representa apenas 0.8 % del total de los 15 ejes troncales. En la Figura 3.42 se muestra el número de horas de demora, de 2018 a 2023, sobre este eje carretero.

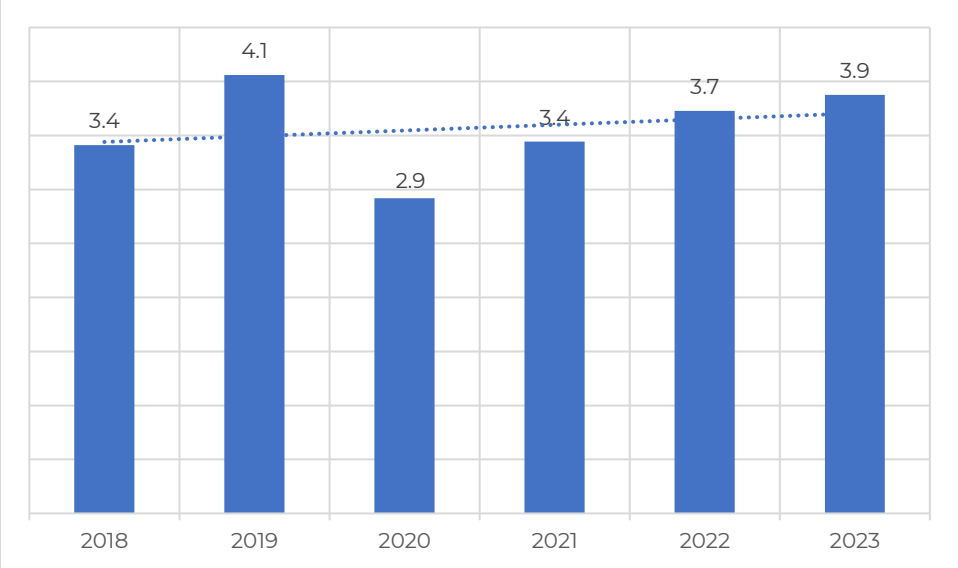


Figura 3.42 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Transpeninsular de Baja California (millones de horas)

El tramo carretero Ensenada-Lázaro Cárdenas, en 2023 tuvo 1.3 millones de horas de demora de camiones de carga, con una tasa de crecimiento promedio anual negativa de -0.42 %, con una cantidad de horas muy próxima a los niveles de 2019, antes de la pandemia. En particular este tramo carretero es el de mayor número de horas de demora estimadas, porque conecta a dos de las regiones principales en Baja California.

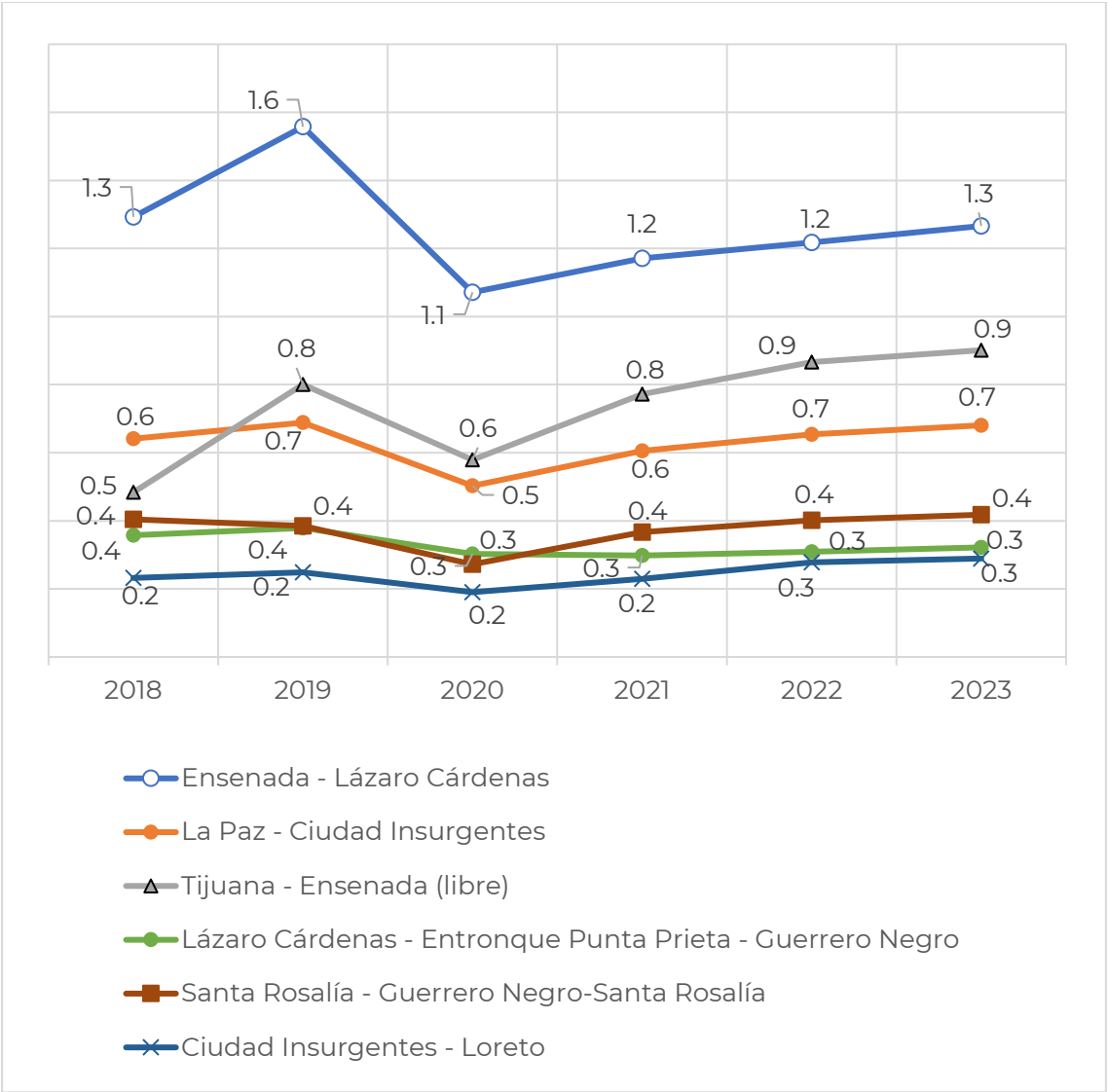


Figura 3.43 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Transpeninsular de Baja California (millones de horas)

3.2.2.7 Eje carretero Costera Pacífico

Este eje carretero se encuentra constituido por siete segmentos principales, que suman una longitud de 1,756.0 kilómetros. Inicia en Salina Cruz, para llegar a Pinotepa Nacional, prosigue rumbo a Las Cruces, donde posteriormente arriba a Acapulco, para continuar hacia Zihuatanejo. Continua hacia La Mira hasta el Entronque Playa Azul. Sigue la ruta hasta Manzanillo, y se dirige a Puerto Vallarta para llegar a Tepic. La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Segmentos carreteros Costera Pacífico

Tramos carreteros
Salina Cruz-Pinotepa
Pinotepa Nacional-Las Cruces
Acapulco - Zihuatanejo
Zihuatanejo - La Mira
Entronque Playa Azul - Manzanillo
Manzanillo - Puerto Vallarta
Tepic - Puerto Vallarta

En la Figura 3.44, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. Este eje carretero presenta niveles de congestión similares al anterior, pues su costo por demora en 2023, fue de 2,791 millones de pesos, que representa apenas 6.3 % del costo de las demoras del corredor México-Nuevo Laredo ramal Piedras Negras. En general, los principales problemas de congestión son muy eventuales en esta zona, y se dan más por el paso obligado en algunas poblaciones con restricciones de velocidad.

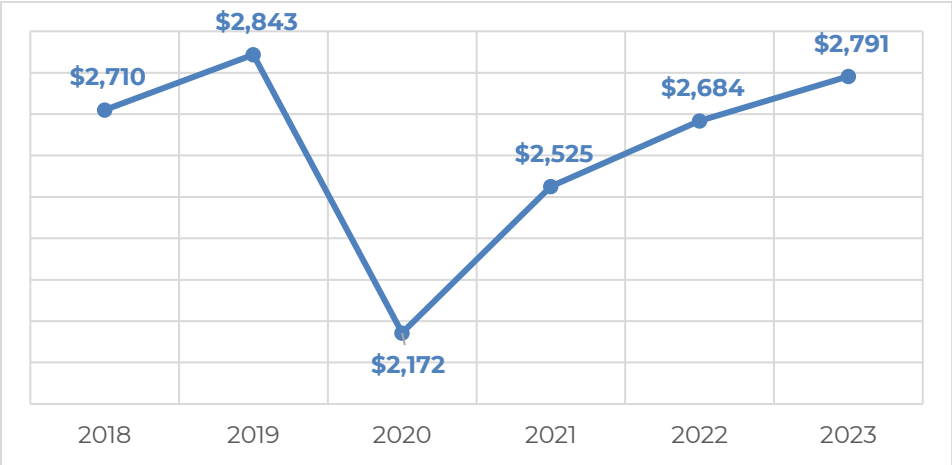


Figura 3.44 Costo anual de las demoras en camiones de carga sobre el eje Costera Pacífico (cifras en millones de pesos)

Por segmento carretero se encontró que en 2023 el segmento Tepic-Puerto Vallarta, es el eje más caro y cuatro tramos presentan niveles muy similares de costos de demora en los camiones de carga. En la Figura 3.45, se aprecian los tramos Pinotepa Nacional- Las Cruces, Entronque Playa Azul – Manzanillo, Salina Cruz - Pinotepa y Entronque Playa Azul – Manzanillo, todos con un costo que se encuentra entre 560 mil millones de pesos por año. ¿Qué propicia dicha similitud? Se podrá pensar en las características de su infraestructura carretera, que muestran la misma capacidad en grandes extensiones de su trayecto, conformada en su mayor parte por carreteras de dos carriles. De hecho, el tramo Entronque

Playa Azul – Manzanillo, presentó un incremento súbito en 2021, por aumento del TDPA.

Ensenada-Lázaro Cárdenas, presentó los costos más altos por demoras en los camiones de carga, con 474 millones de pesos anuales, sobre este eje troncal, seguido a la distancia por el tramo Tijuana-Ensenada, con casi 282 millones de pesos. Que, comparados con los tramos más congestionados del país, estas cifras parecen insignificantes. Incluso, en el primer caso se puede observar en la Figura 3.45, una reducción del costo de las demoras de 2018 a 2023, debido a las mejoras de la infraestructura que se han llevado a cabo en este eje troncal, a pesar de contar con una participación activa de la flota de transporte de carga en la composición vehicular. Ciertamente, el nivel de congestión es poco percibido por los usuarios debido a que, el TDPA se concentra en mayor medida entre las ciudades de Tijuana y Ensenada.

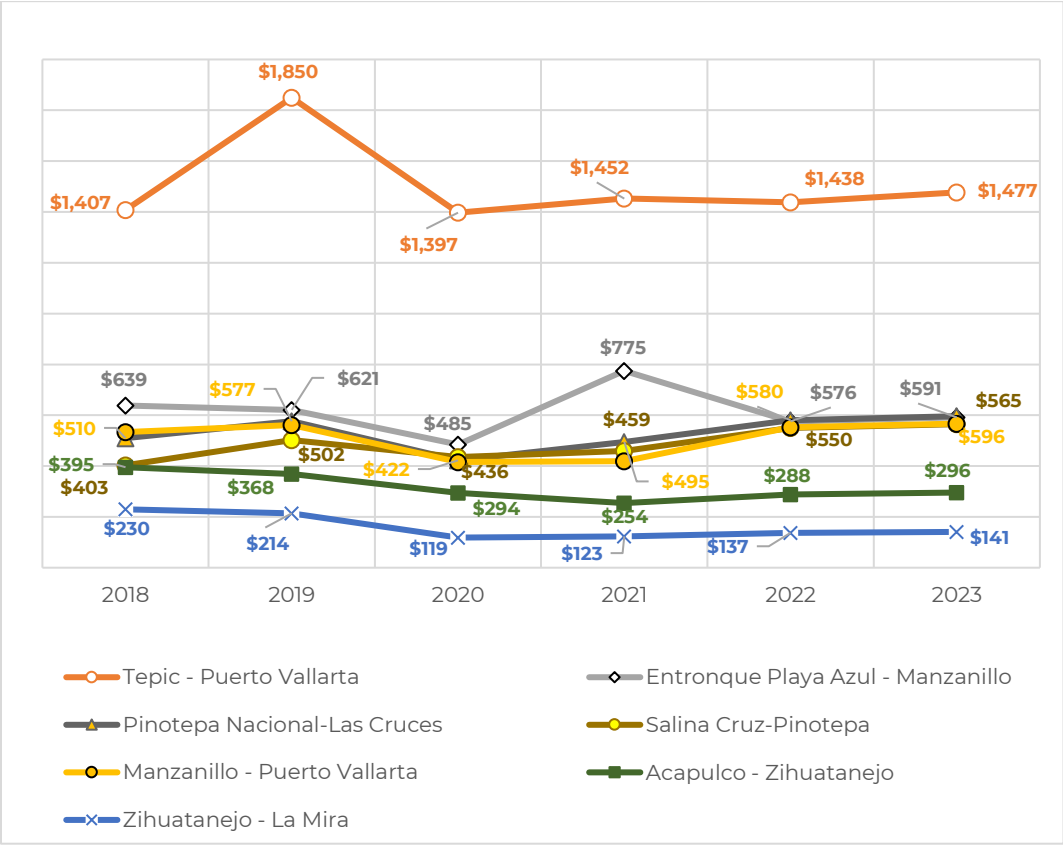


Figura 3.45 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Costera Pacífico (cifras en millones de pesos)

En la Figura 3.46, se observa el detalle de los costos por demora, en cada segmento carretero del eje Costera Pacífico, para 2023.

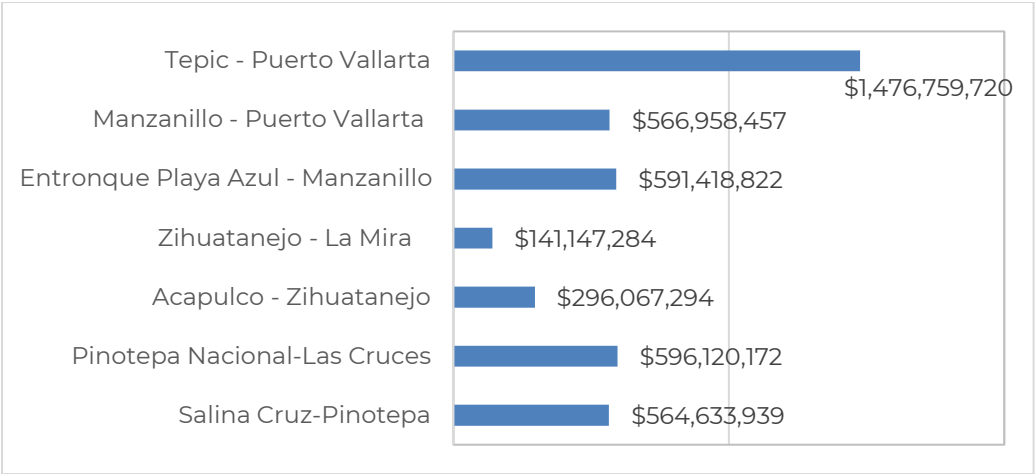


Figura 3.46 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Costera Pacífico (cifras en pesos)

En lo que respecta a las velocidades promedio de los camiones de carga sobre este eje de transporte, se detectó una reducción de la velocidad. Ciertamente, las velocidades en este eje carretero prácticamente han mantenido rangos muy bajos de velocidad, que van de 28 a 54 km/h. En la Figura 3.47, el tramo crítico se refiere a Acapulco-Zihuatanejo; obviamente porque se encuentra entre dos de las principales ciudades en esa región, que genera altos volúmenes de TDPA y una mezcla de camiones pesados y ligeros.

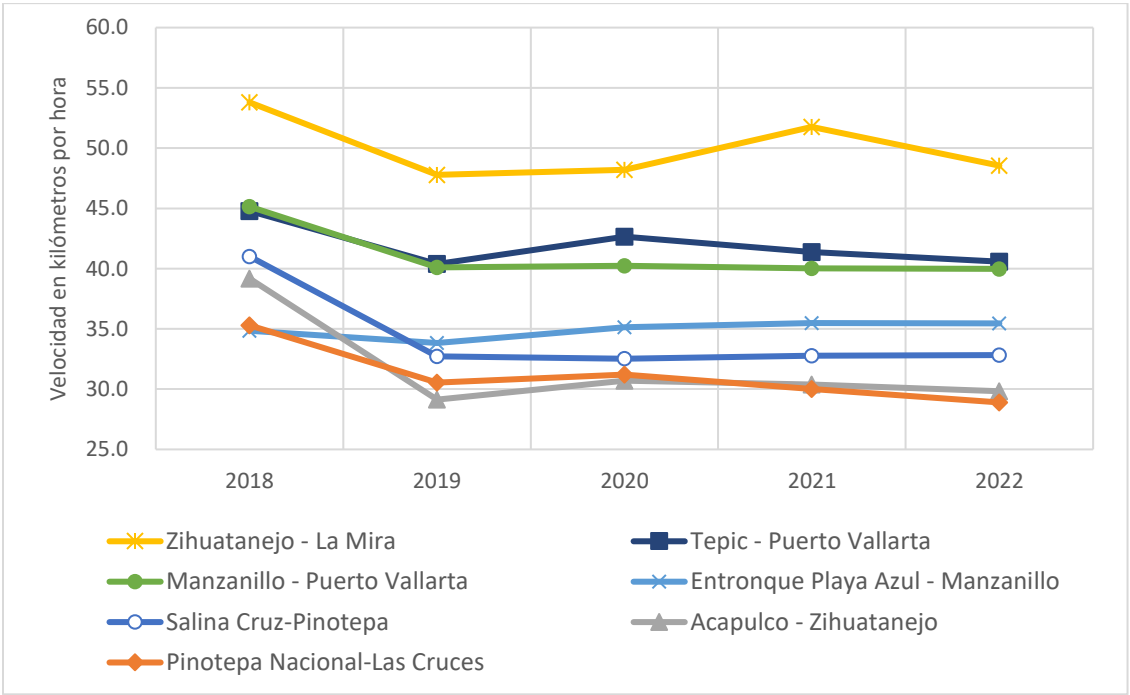


Figura 3.47 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Costera Pacífico

La cantidad de horas por demoras de los camiones de carga en este corredor, no exhibe diferencias significativas entre los tramos, sobre todo, después del año 2020, que muestra una tasa media de crecimiento anual de apenas 1.1 %. En 2023, se estimó alrededor de 15.2 millones de horas de demoras, lo que representa apenas 3.4 % del total de los 15 ejes troncales. En la Figura 3.48 se muestra el número de horas de demora, de 2018 a 2023, sobre este eje carretero.

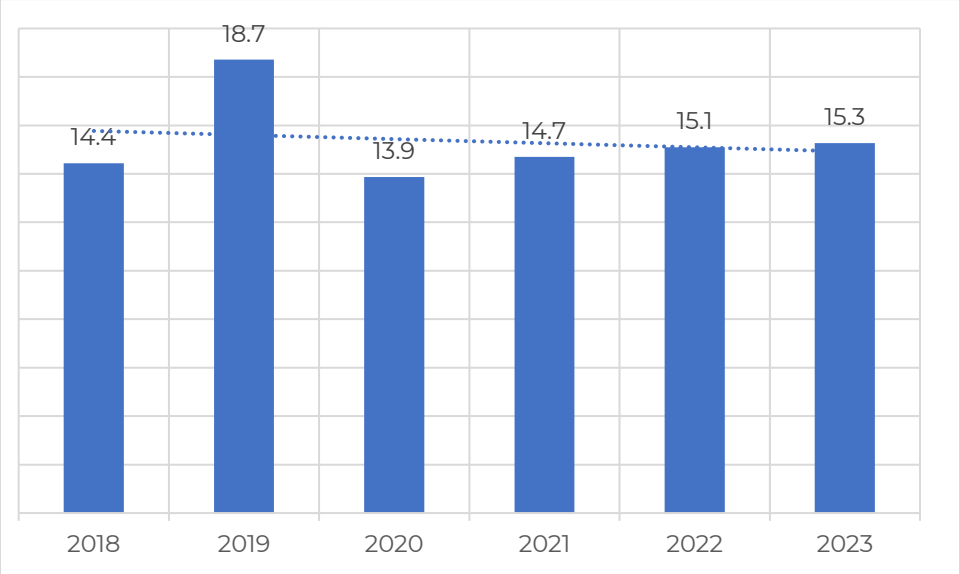


Figura 3.48 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Costera Pacífico (millones de horas)

El tramo carretero Pinotepa-Salina Cruz, en 2023, presentó alrededor de 3.3 millones de horas de demora de camiones de carga, con una tasa de crecimiento promedio anual negativa de -3.36 %, con una cantidad de horas muy por debajo de los niveles de 2019, antes de la pandemia. En particular este tramo carretero es el de mayor número de horas de demora estimadas, y forma parte del principal corredor entre estos dos destinos. En la Figura 3.49 se observan el tiempo total del número de horas de demora, por cada tramo que compone este corredor.

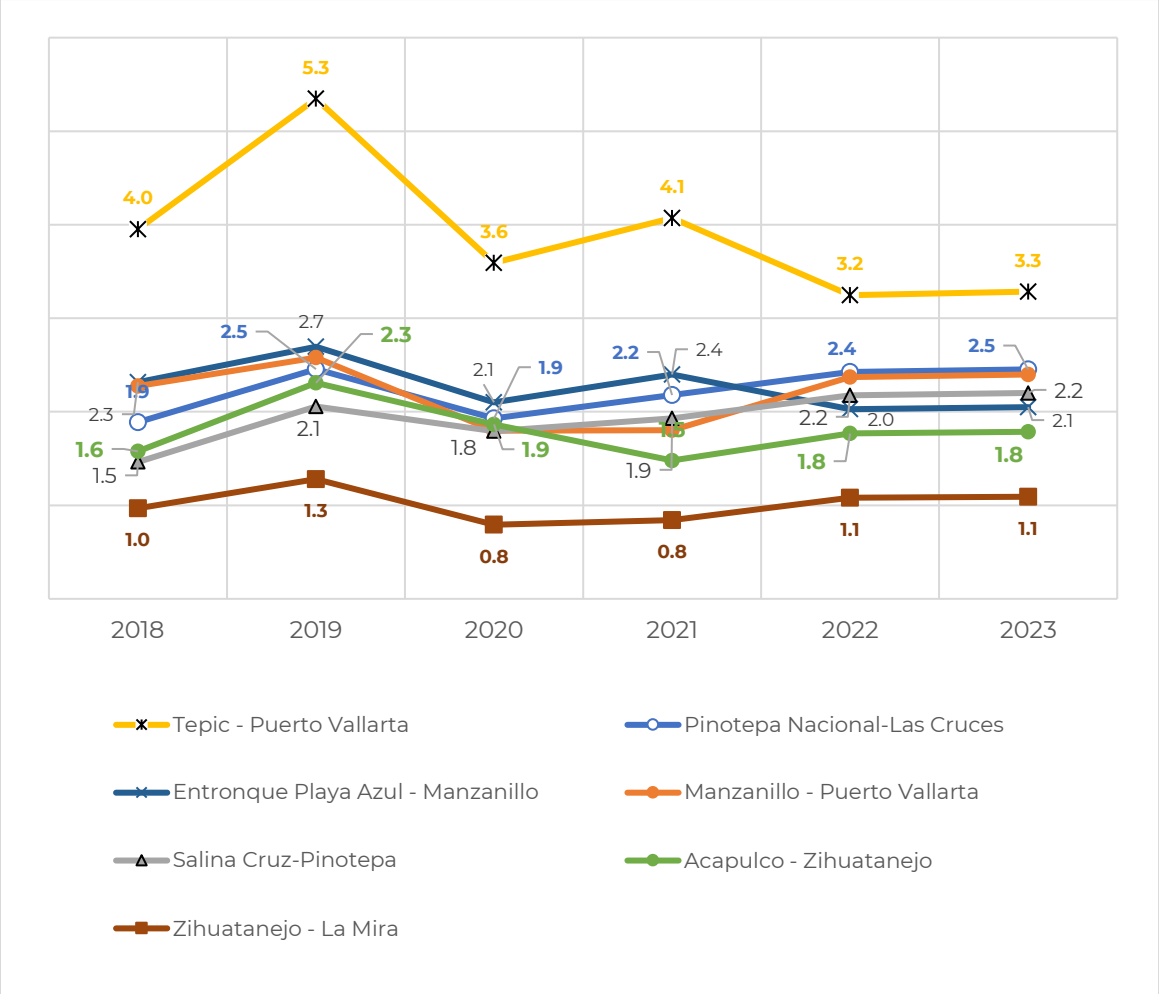


Figura 3.49 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Costera Pacífico (millones de horas)

3.2.2.8 Eje carretero Veracruz- Monterrey

Este eje carretero se encuentra constituido por cinco segmentos principales que suman una longitud de 1,014.8 kilómetros. En general, este eje corre en paralelo a la costa del Golfo de México. Las condiciones de este eje por lo regular son muy adecuadas, y permite conectar el puerto de Veracruz con la zona norte del país. La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Segmentos carreteros Veracruz-Monterrey

Tramos carreteros
Poza Rica - Veracruz
Tuxpan - Tampico
Tampico - Ciudad Mante
Ciudad Valles - Ciudad Victoria (cuota)
Ciudad Victoria - Monterrey

En la Figura 3.50, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. Este eje carretero, presenta un comportamiento del costo a la baja desde 2019. De acuerdo con esta estimación de costos, se puede prever una reducción del TDPA en dicho eje carretero. En 2023 se tuvo un costo de alrededor de 6,230 millones de pesos, que representa apenas 0.9% del costo total de demoras de los 15 corredores nacionales.

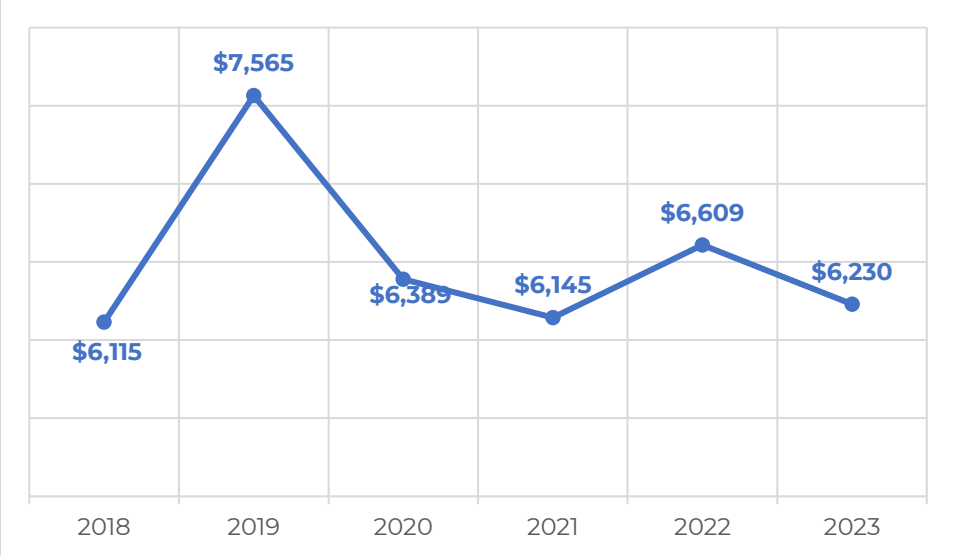


Figura 3.50 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Veracruz-Monterrey (millones de pesos)

Por segmento carretero, se encontró que en 2023 cuatro tramos presentaron niveles por debajo del millón de pesos, en los costos de demora de los camiones de carga. En la Figura 3.51, se aprecian el tramo Ciudad Victoria-Monterrey, con un costo que se encuentra por arriba de los cuatro millones de pesos por año. Dicho tramo, representa 64.8% del total de demoras en este eje carretero.

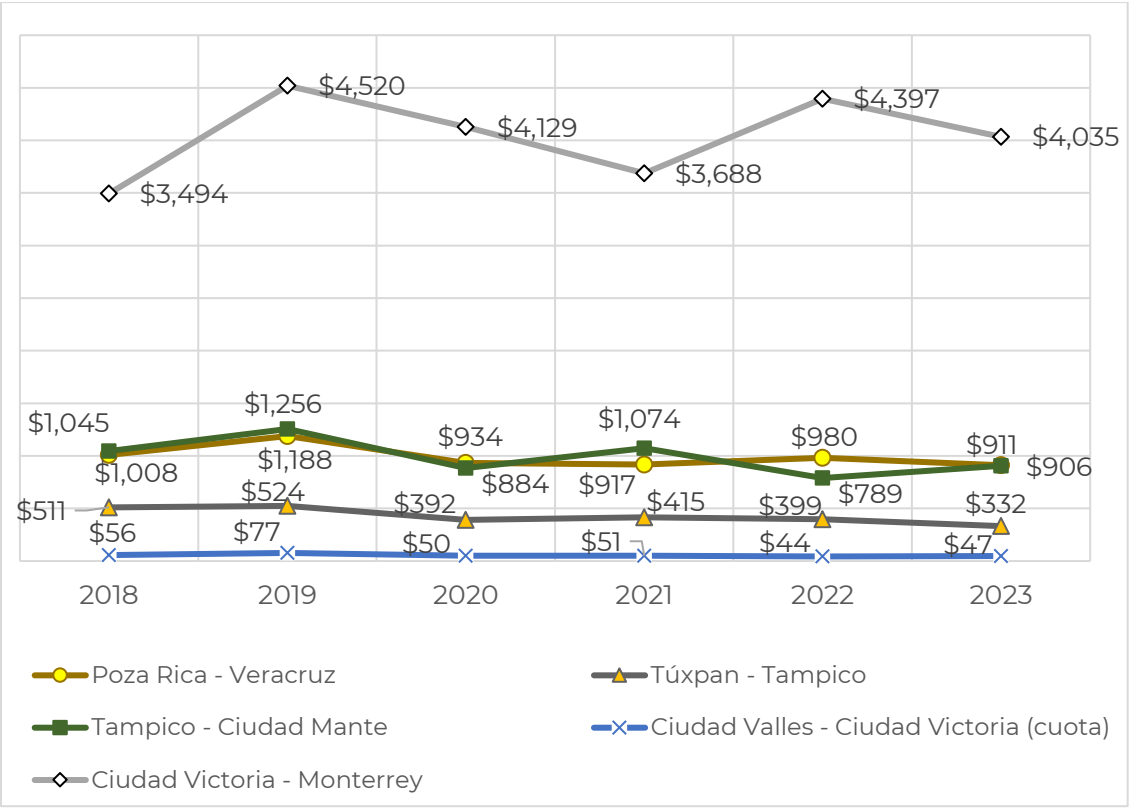


Figura 3.51 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Veracruz-Monterrey (millones de pesos)

En la Figura 3.52, se observa el detalle de los costos por demora, en cada segmento carretero del eje Costera Pacífico, para 2023.

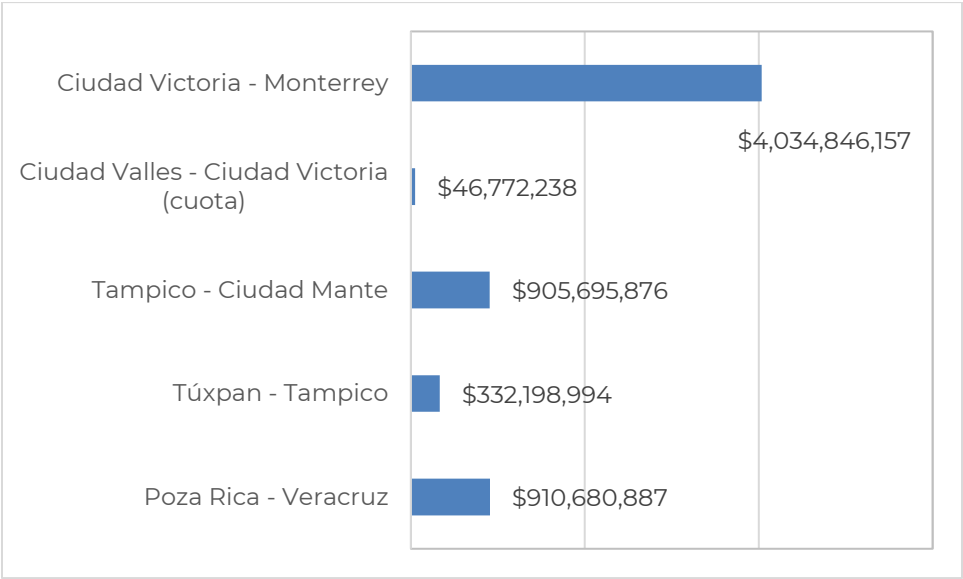


Figura 3.52 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Veracruz-Monterrey (cifras en pesos)

En lo que respecta a las velocidades promedio de los camiones de carga, sobre este eje de transporte, se detectó una reducción de la velocidad muy ligera, en algunos tramos, mientras que en otros se mantuvo. Ciertamente, las velocidades en este eje carretero prácticamente han mantenido rangos altos, que van de 50 a 70 km/h. En la Figura 3.53, el tramo crítico se refiere a Ciudad Victoria-Monterrey; obviamente porque se encuentra entre dos de las principales ciudades de esa región, que genera altos volúmenes de TDPA y una mezcla de camiones pesados y ligeros.

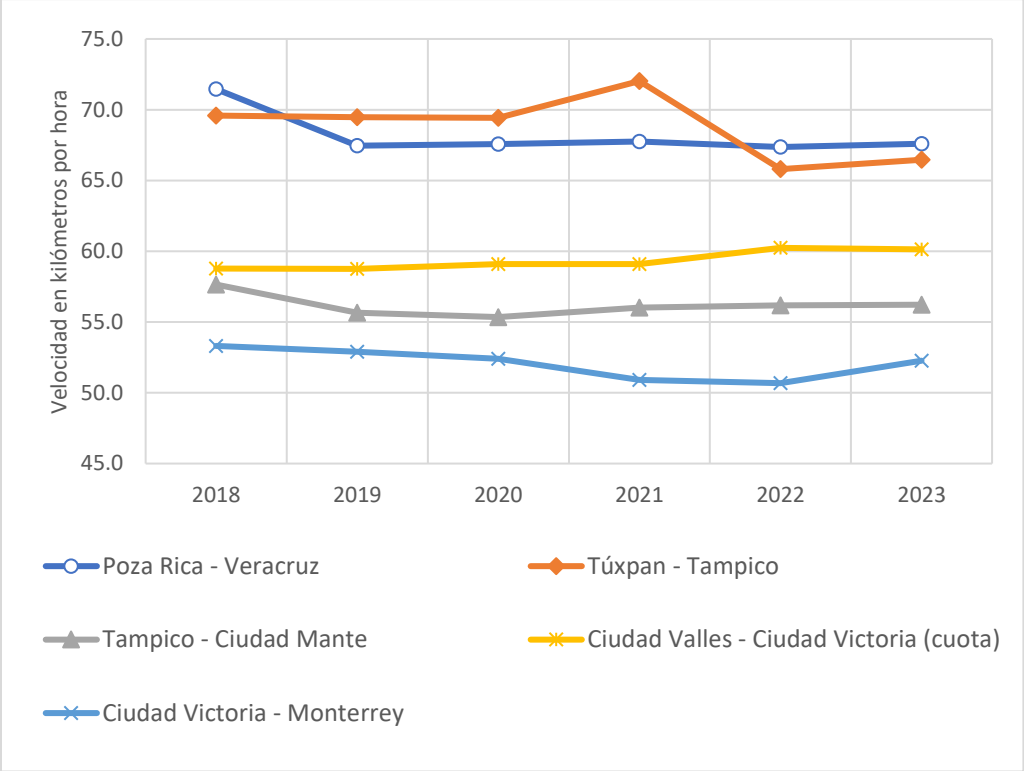


Figura 3.53 Velocidad promedio de los camiones de carga, por segmento carretero del eje Veracruz-Monterrey

La cantidad de horas por demoras de los camiones de carga en este corredor, exhiben una reducción a partir del año 2020, que muestra una tasa media de decrecimiento anual de -1.3%. En 2023, se estimó alrededor de 19.2 millones de horas de demoras, lo que representa apenas 4.1% del total de los 15 ejes troncales. En la Figura 3.54, se muestra el número de horas de demora de 2018 a 2023, sobre este eje carretero, en la cual se destaca la reducción anual que se ha venido presentando en términos del tiempo de demora.

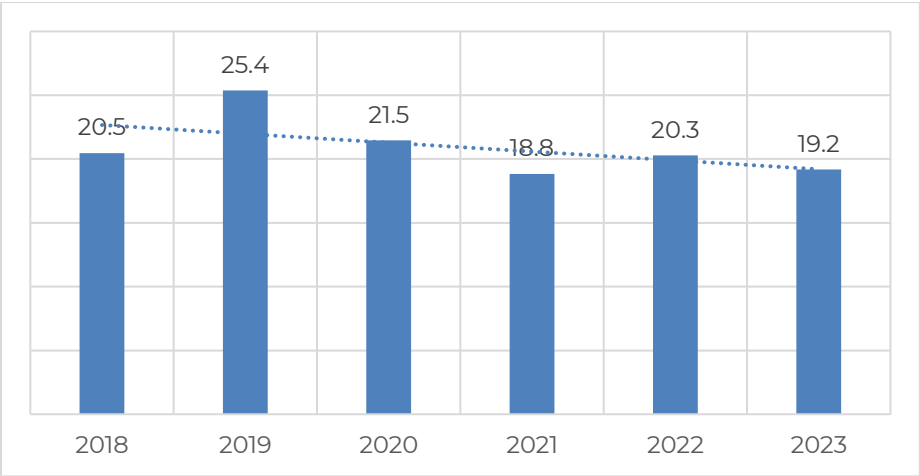


Figura 3.54 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero Veracruz-Monterrey (millones de horas)

El tramo carretero Ciudad Victoria-Monterrey, en 2023, presentó 12.3 millones de horas de demora de los camiones de carga, con una tasa de crecimiento promedio anual de apenas 0.5 %, con una cantidad de horas muy por debajo de los niveles de 2019, antes de la pandemia. En particular este tramo carretero es el de mayor número de horas de demora estimadas del eje en cuestión, y forma parte del principal corredor entre estos dos destinos. En la Figura 3.55, se observa el tiempo total del número de horas de demora por cada tramo que compone este corredor.

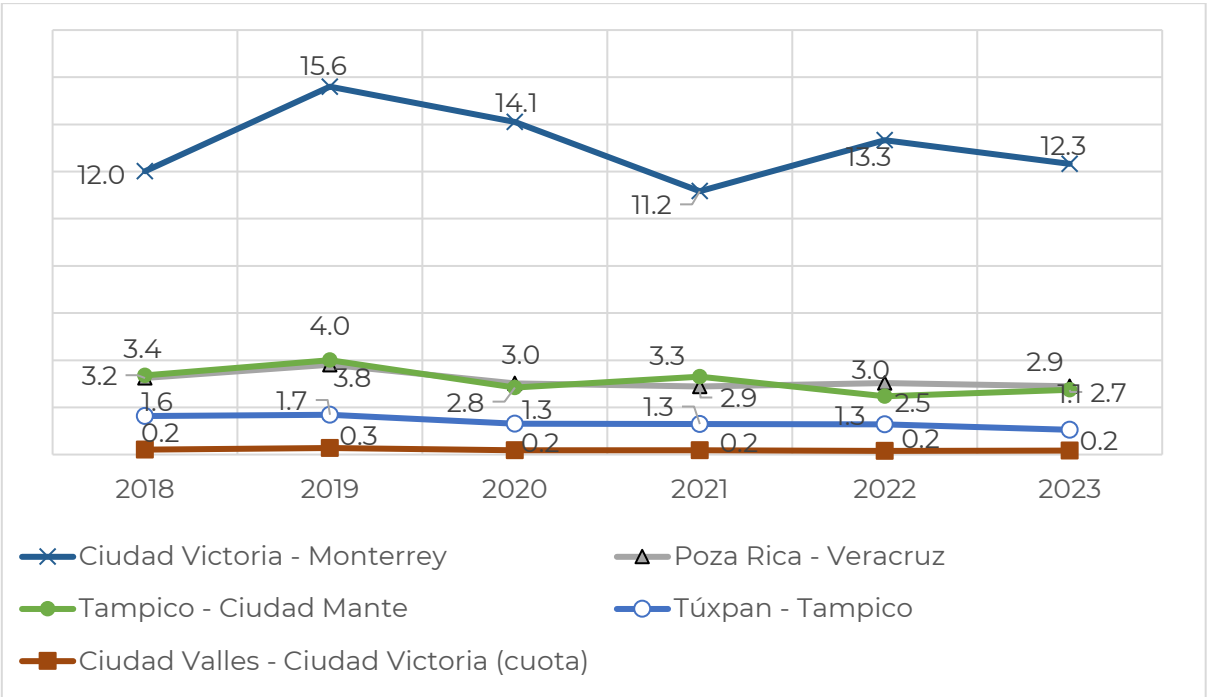


Figura 3.55 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje Veracruz-Monterrey (millones de horas)

3.2.2.9 Eje carretero Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo

Este eje carretero se encuentra constituido por siete segmentos principales, que suman una longitud de 1,059.07 kilómetros. Inicia en la carretera 150D (cuota), de Puebla a Acatzingo, continua hacia Ciudad Mendoza. Llega a Cuacnopalan, donde toma rumbo a la ciudad de Oaxaca por la carretera de cuota. De aquí se dirige a Tehuantepec, para ingresar a la zona de La Ventosa, continúa a San Pedro Tapanatepec, cruza por Arriaga hasta Talismán. Como ramal se dirige hacia Ciudad Hidalgo. La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Segmentos carreteros Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo

Tramos carreteros
Puebla - Acatzingo (cuota)
Acatzingo – Ciudad Mendoza (cuota)
Cuacnopalan - Oaxaca (cuota)
Oaxaca - Tehuantepec
Entronque La Ventosa - San Pedro Tapanatepec
Tapanatepec - Talismán
Ramal a Ciudad Hidalgo

En la Figura 3.56, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. Este eje carretero presenta un comportamiento del costo al alza después de la pandemia en 2020; de hecho, en 2022 se presentó el máximo costo de este período (7,230 millones de pesos). De acuerdo con esta estimación, puede preverse un aumento en la congestión por un mayor TDPA sobre dicho eje carretero. En 2023 se estimó un costo de 6,832 millones de pesos, que representa apenas 4.6 % del costo total de demoras de los 15 corredores nacionales. Este eje carretero, es uno de los menos utilizados a nivel nacional.

Por segmento carretero, se encontró que en la mayoría de los tramos se presentó una tendencia estable de costos por demora durante los últimos 5 años, de 2018 a 2023, es decir, no se han desplegado incrementos sustanciales. En la Figura 3.57, se aprecia el tramo Puebla - Acatzingo, con un costo por demoras que se encuentra muy cerca de los tres mil millones de pesos, en 2023. Dicho tramo, representa 41.3 % del total de demoras en este eje carretero. Los tramos Acatzingo - Ciudad Mendoza y Tapanatepec - Talismán apenas rebasan los mil millones de pesos.

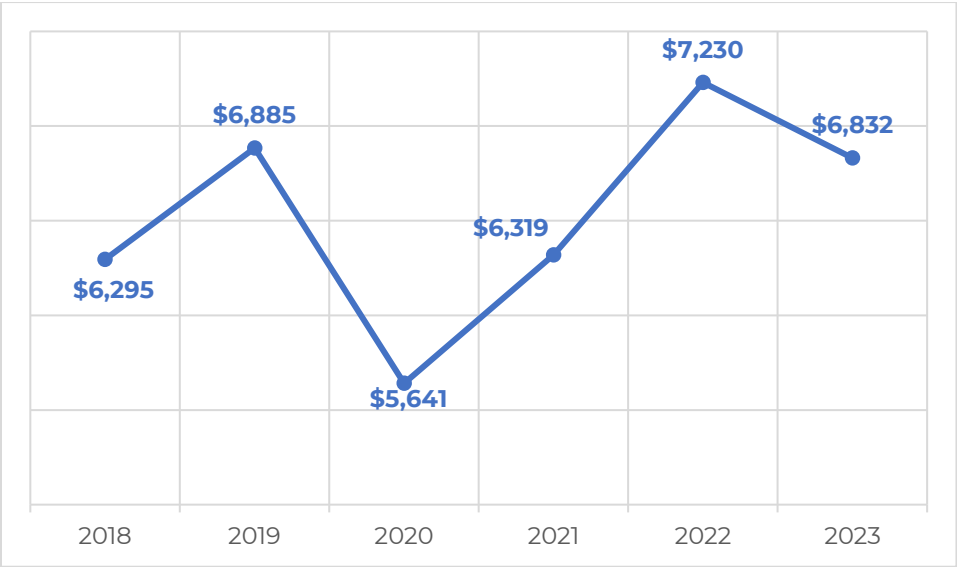


Figura 3.56 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo (millones de pesos)

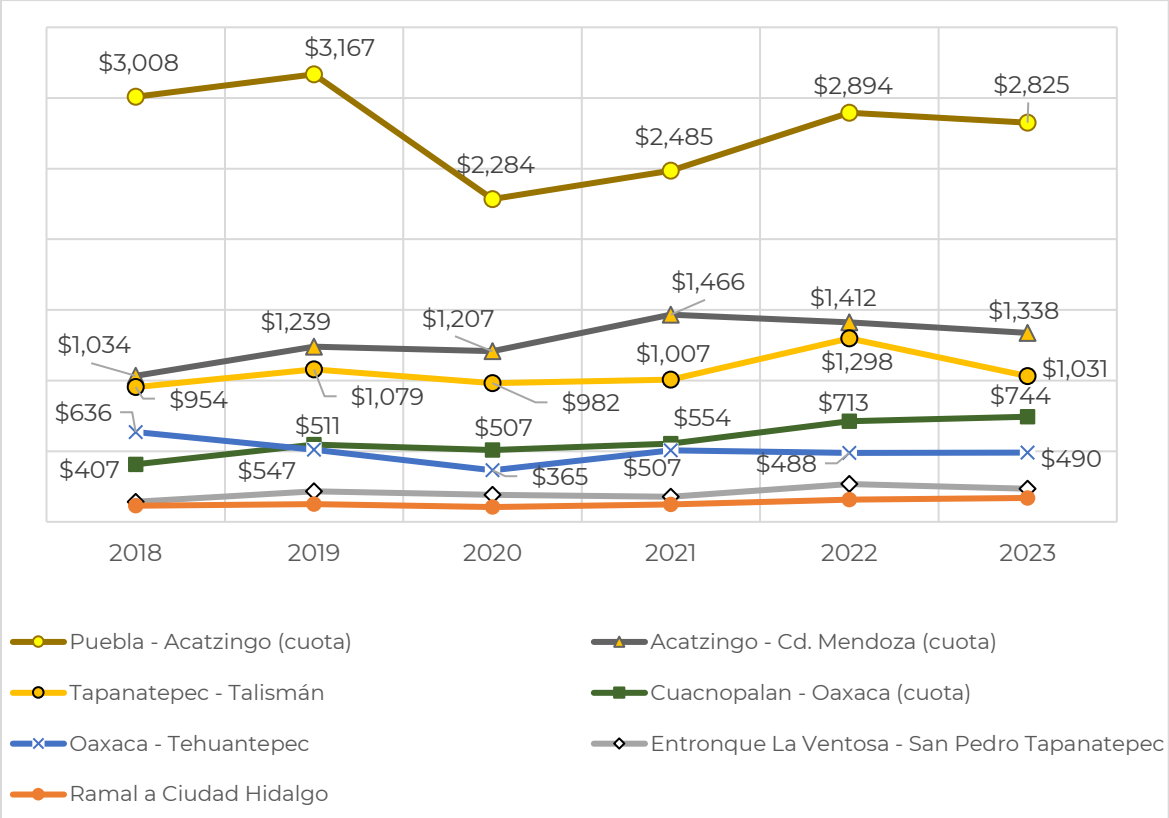


Figura 3.57 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo (millones de pesos)

En la Figura 3.58, se observa el detalle de los costos por demora, en cada segmento carretero del eje Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo, para 2023.

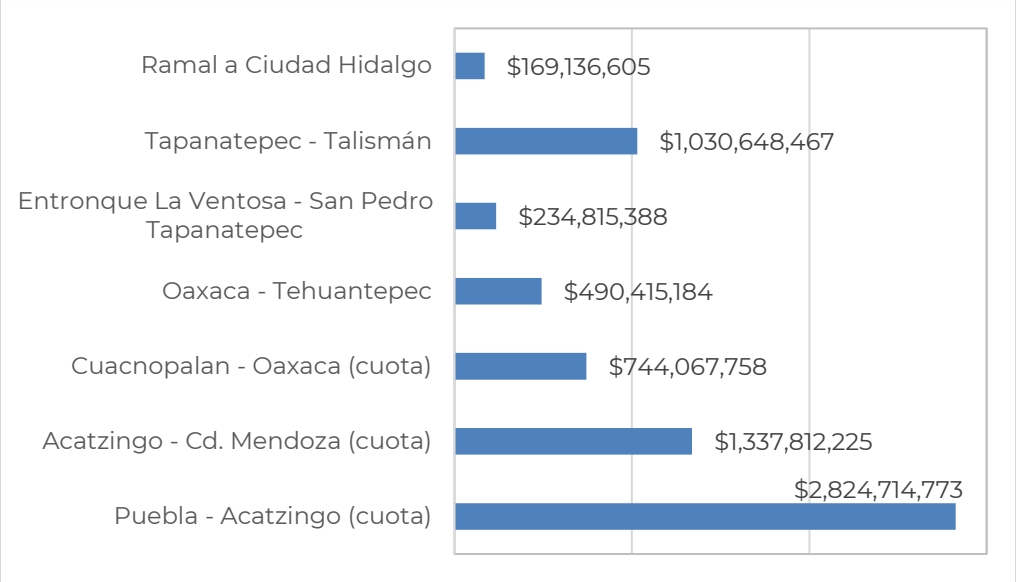


Figura 3.58 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Puebla-Oaxaca-Cd. Hidalgo (cifras en pesos)

En lo que respecta a las velocidades promedio de los camiones de carga, sobre este eje de transporte, se detectó una reducción muy ligera en algunos tramos, y en otros, se detectó que se mantenía. Ciertamente, las velocidades en este eje carretero prácticamente han mantenido rangos medianos de velocidad, que van de 50 a 60 km/h.

En la Figura 3.59, el tramo crítico se refiere a Puebla-Acatzingo (cuota); posiblemente por encontrarse sobre el corredor más importante hacia el oriente del país, que maneja importantes cantidades de camiones de carga.

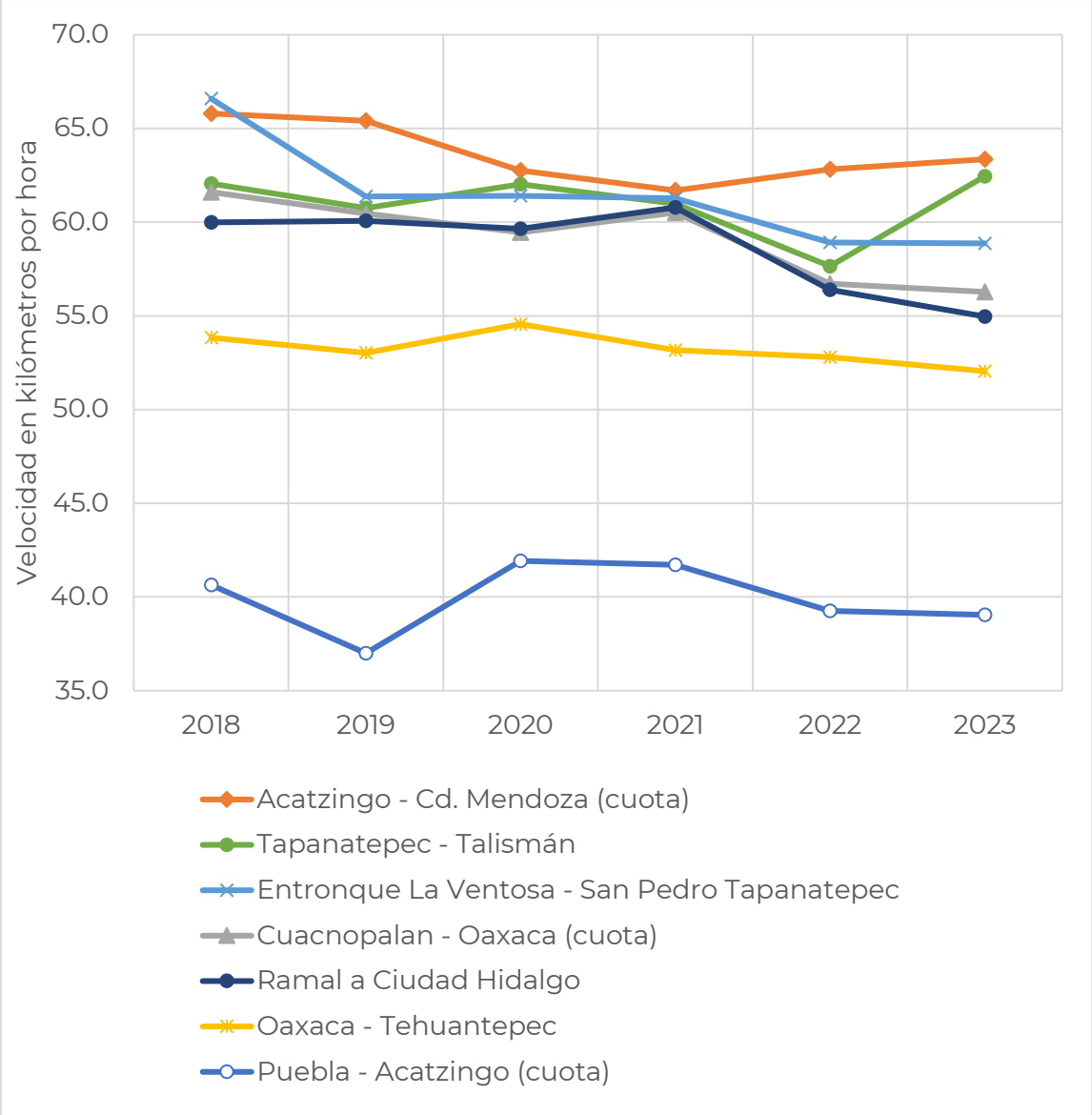


Figura 3.59 Velocidad promedio de los camiones de carga, por segmento carretero del eje Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo

La cantidad de horas por demoras de los camiones de carga en este corredor, exhiben una reducción del tiempo de demoras a partir del año 2020, con una tasa media de decrecimiento anual negativa de -1.3 %. En 2023, se estimó 21.4 millones de horas de demoras, lo que representa apenas 4.6 % del total de los 15 ejes troncales. En la Figura 3.60 se muestra el número de horas de demora, de 2018 a 2023, sobre este eje carretero, en el cual se destaca una variación mínima con altas y bajas en cada año del periodo de análisis.

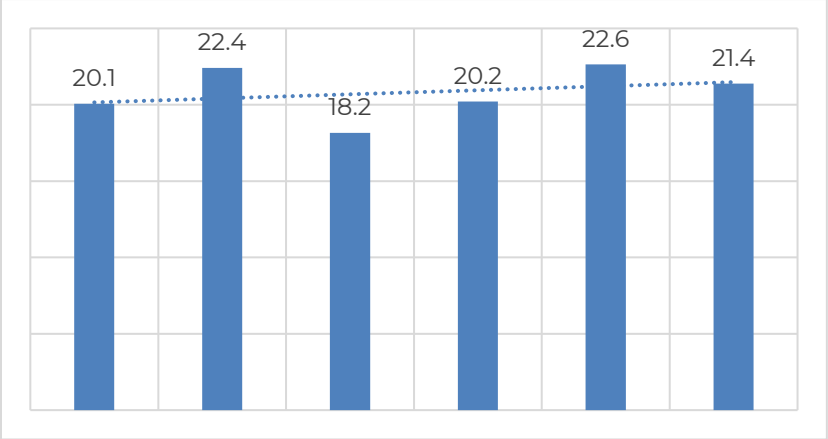


Figura 3.60 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo (millones de horas)

El tramo carretero Ciudad Puebla-Acatzingo (cuota), en 2023 presentó 8.8 millones de horas de demora de camiones de carga, con una tasa de crecimiento promedio anual negativa de -1.5 %, con una cantidad de horas muy similar a los niveles de 2019, antes de la pandemia. En particular, este tramo carretero es el de mayor número de horas de demora estimadas del eje en cuestión, y se ubica sobre un corredor relevante para el país. En la Figura 3.61, se observa el tiempo total del número de horas de demora, por cada tramo que compone este corredor.

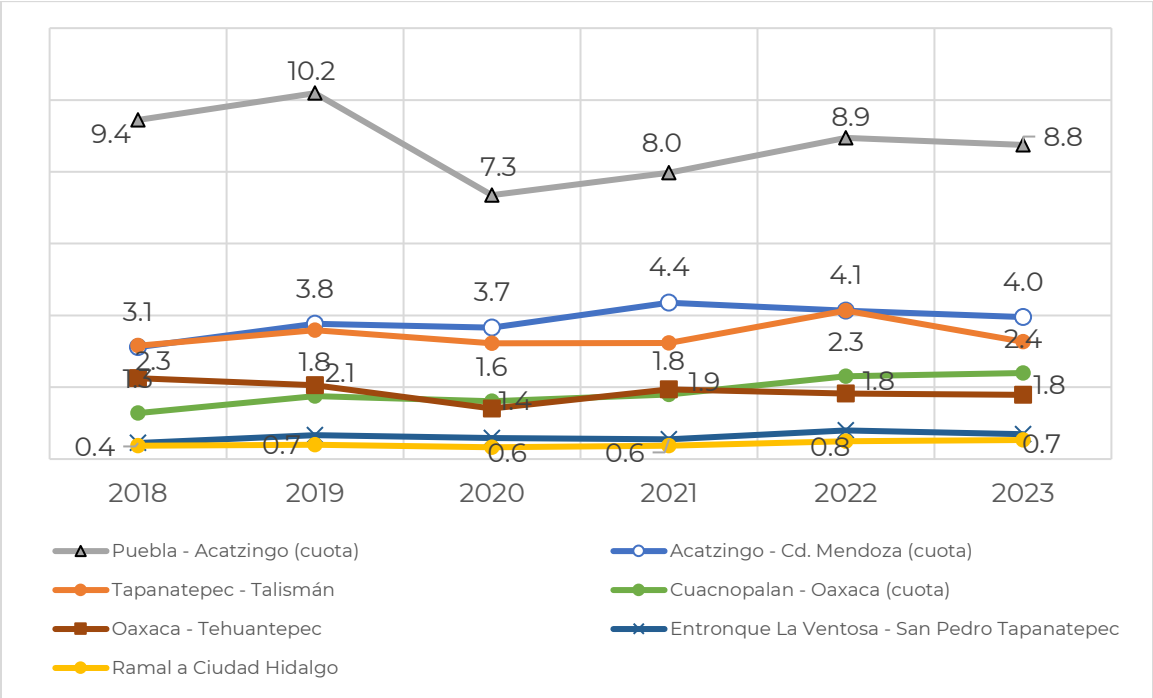


Figura 3.61 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje Puebla-Oaxaca-Ciudad Hidalgo (millones de horas)

3.2.2.10 Eje carretero Mazatlán-Matamoros

Este eje carretero se encuentra constituido por doce segmentos principales que suman una longitud de 1,159.70 kilómetros. Inicia sobre la carretera de Mazatlán a Villa Unión, toma hacia Durango (cuota), por Villa Unión, cruza por el Libramiento de Durango (cuota), para dirigirse a Yerbanís (cuota). Llega a Gómez Palacio (cuota), y toma por Saltillo-Torreón (cuota) T2, cruza por el Libramiento Norponiente de Saltillo, para dirigirse a Monterrey (cuota). Sube a Cadereyta (cuota), para ir a Reynosa (cuota); cruza por el Libramiento de Reynosa Sur II y pasa por Matamoros para llegar a Reynosa (cuota). La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.12.

Tabla 3.12 Segmentos carreteros Mazatlán-Matamoros

Tramos carreteros
Mazatlán - Villa Unión
Mazatlán – Villa Unión - Durango (cuota)
Libramiento de Durango (cuota)
Durango - Yerbanís (cuota)
Yerbanís - Gómez Palacio (cuota)
Saltillo – Torreón (cuota) T2
Libramiento Norponiente de Saltillo
Saltillo - Monterrey (cuota)
Monterrey - Cadereyta (cuota)
Cadereyta – Reynosa (cuota)
Libramiento de Reynosa Sur II
Matamoros - Reynosa (cuota)

En la Figura 3.62, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. Este eje carretero, presenta un comportamiento ascendente del costo en este período, con una tasa de crecimiento media anual de 4.2 %, y estable durante la pandemia en 2020. En 2023, el costo de las demoras de los camiones de carga se estimó en 3,714 millones de pesos.

De acuerdo con esta estimación, puede preverse en los próximos años un aumento en la congestión, por un mayor TDPA sobre dicho eje carretero, debido a la conectividad entre el puerto de Mazatlán con el Este de los Estados Unidos y de manera particular con el estado de Texas.

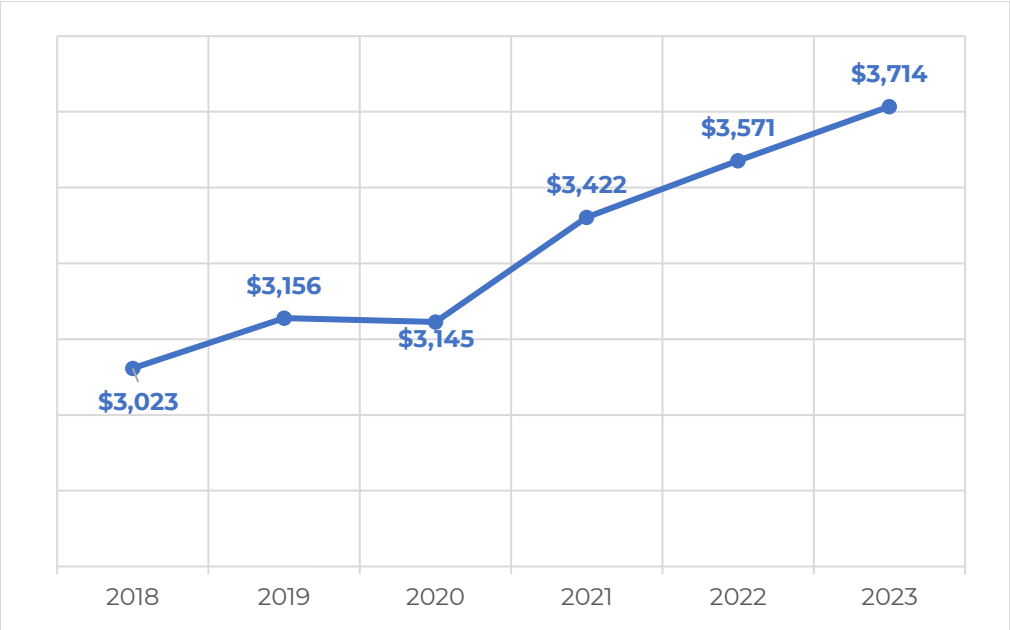


Figura 3.62 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Mazatlán-Matamoros (millones de pesos)

Por segmento carretero, se encontró que en la mayoría de los tramos se presentó una tendencia ascendente de los costos de las demoras durante los últimos cinco años, de 2018 a 2023; sin embargo, destacan los tramos Mazatlán - Villa Unión - Durango (cuota) y Monterrey - Cadereyta (cuota), que presentan tasas de crecimiento media anual de 17.3 % y 12.5 %, respectivamente. Tramos que han venido observando incrementos sustanciales del TDPA.

No obstante lo anterior, en la Figura 3.63, se aprecia que el Libramiento Norponiente de Saltillo, es el de mayor costo de demoras de camiones de carga, lo que representa 22.2 % del total de los costos en el eje analizado, seguido por el tramo Cadereyta - Reynosa (cuota) con 15.3 % del total, donde ambos poseen los más altos rangos de TDPA, no obstante, en dicha figura se aprecia que ninguno de los tramos carreteros de este eje rebasan los mil millones de pesos por demoras.

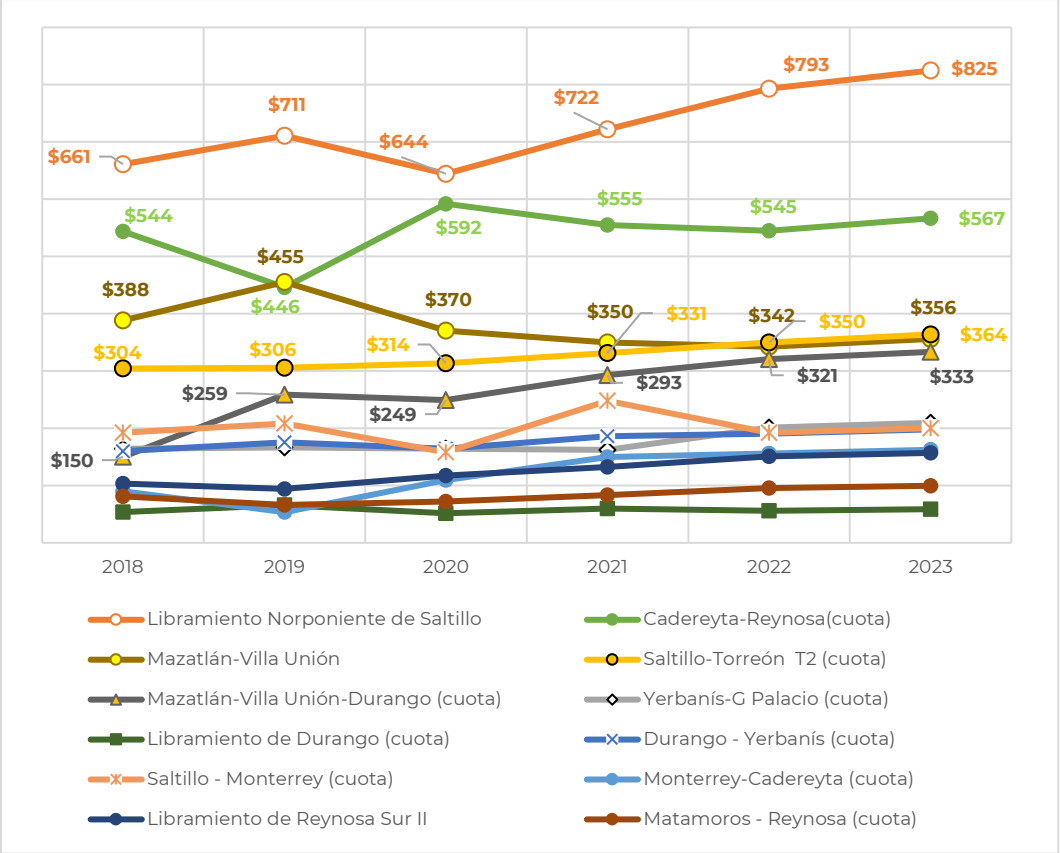


Figura 3.63 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Mazatlán-Matamoros (millones de pesos)

En la Figura 3.64 se observa el detalle de los costos por demora, en cada segmento carretero del eje Mazatlán-Matamoros, para 2023.

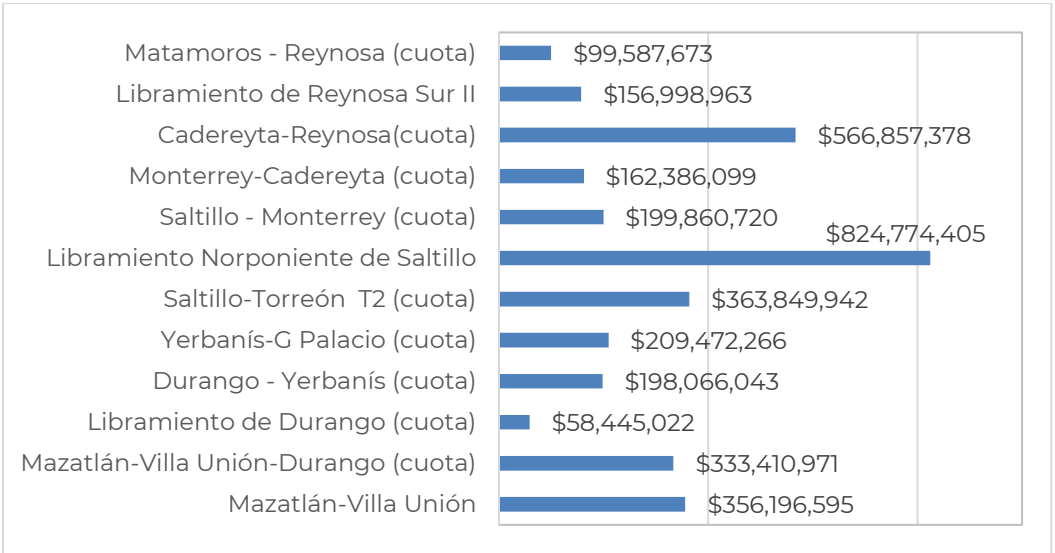


Figura 3.64 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Mazatlán-Matamoros (cifras en pesos)

En lo que respecta a las velocidades promedio de los camiones de carga, sobre este eje de transporte, se detectó una reducción mínima de la velocidad en la mayoría de los tramos, como efecto del crecimiento del TDPA durante el período 2018 a 2022. Ciertamente, la velocidad de los camiones de carga muestra que algunos tramos, prácticamente han mantenido rangos de velocidad altos, que van de 60 a 70 km/h. En la Figura 3.65 se aprecia este comportamiento, donde puede destacarse que, entre los tramos más críticos se encuentran Durango - Yerbanís (cuota) y Mazatlán - Villa Unión, con velocidades promedio de 30 kilómetros por hora o menos.

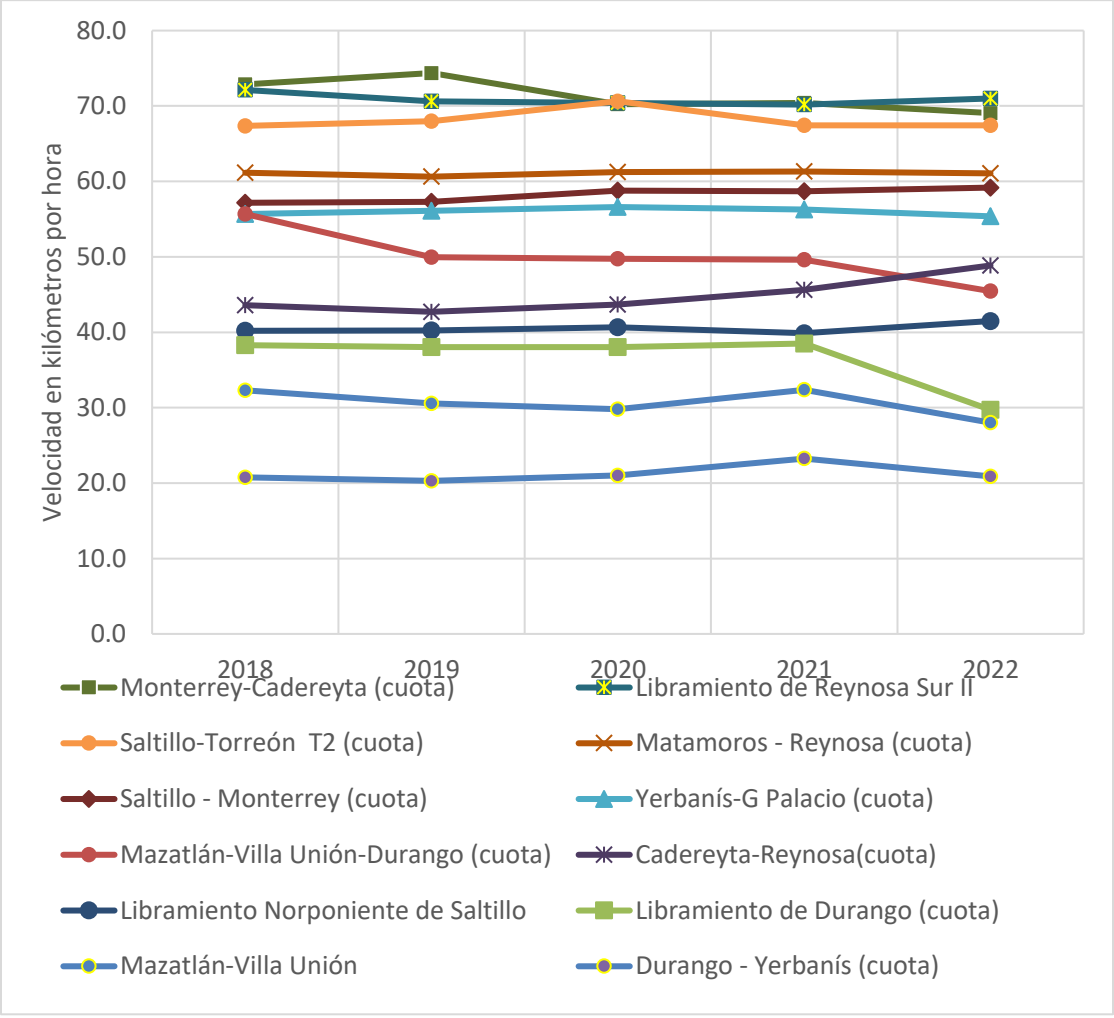


Figura 3.65 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Mazatlán-Matamoros

Por lo que respecta al número de horas de demora de los camiones de carga en este corredor, se encontró un comportamiento creciente entre 2018 y 2023, con una tasa de crecimiento media anual de 2.4 %, con una ligera pausa en el año 2020, originada por la pandemia. En 2023, se estimó alrededor de diez millones de horas por demora, que representa apenas 2.0 % del total de los 15 ejes troncales. En la Figura 3.66, se muestra el número de horas de demora, de 2018 a 2023, sobre este eje carretero, en el cual se destaca una variación mínima entre cada año del periodo de análisis.

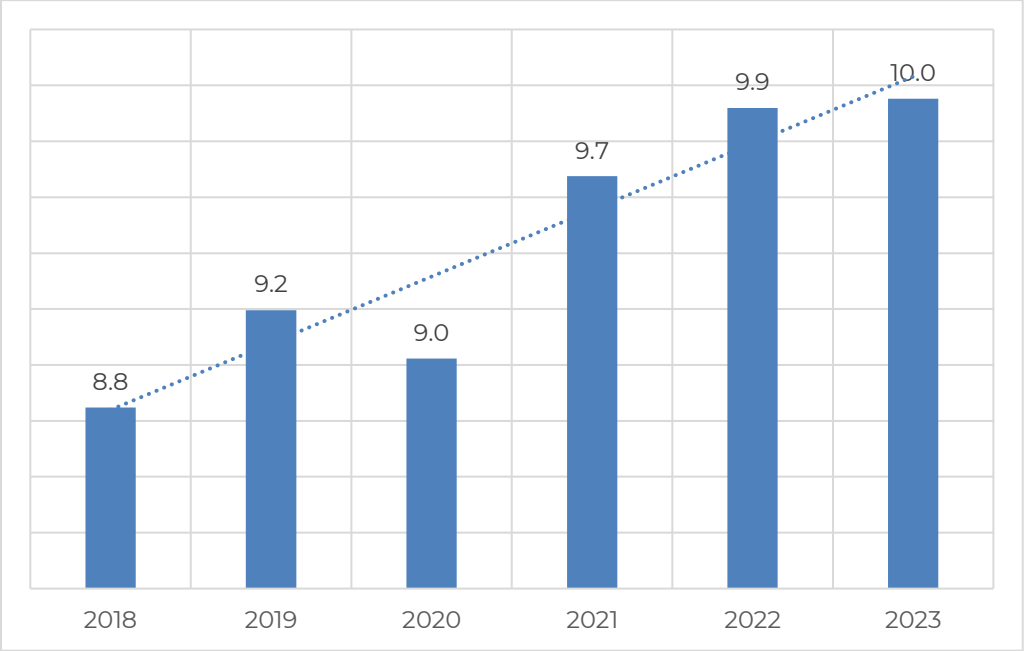


Figura 3.66 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje carretero Mazatlán-Matamoros (millones de horas)

El tramo carretero Libramiento Norponiente de Saltillo, en 2023 presentó alrededor de 2.2 millones de horas de demora de camiones de carga, con una tasa de crecimiento promedio anual de 3.6 %, con una cantidad de horas mayor a los niveles de 2019, antes de la pandemia (Figura 3.67). En particular este tramo carretero es el de mayor número de horas de demora estimadas del eje en cuestión, y se ubica a la altura de la Ciudad de Saltillo, para darle continuidad al eje troncal. El tramo Cadereyta – Reynosa (cuota), es el segundo con alrededor de 1.5 millones de horas de demora. Con base en estas cifras, las carreteras que componen este eje, no se encuentran saturadas, pues el tramo con mayor número de horas, representa 8.2 % del tramo más congestionado a nivel nacional.

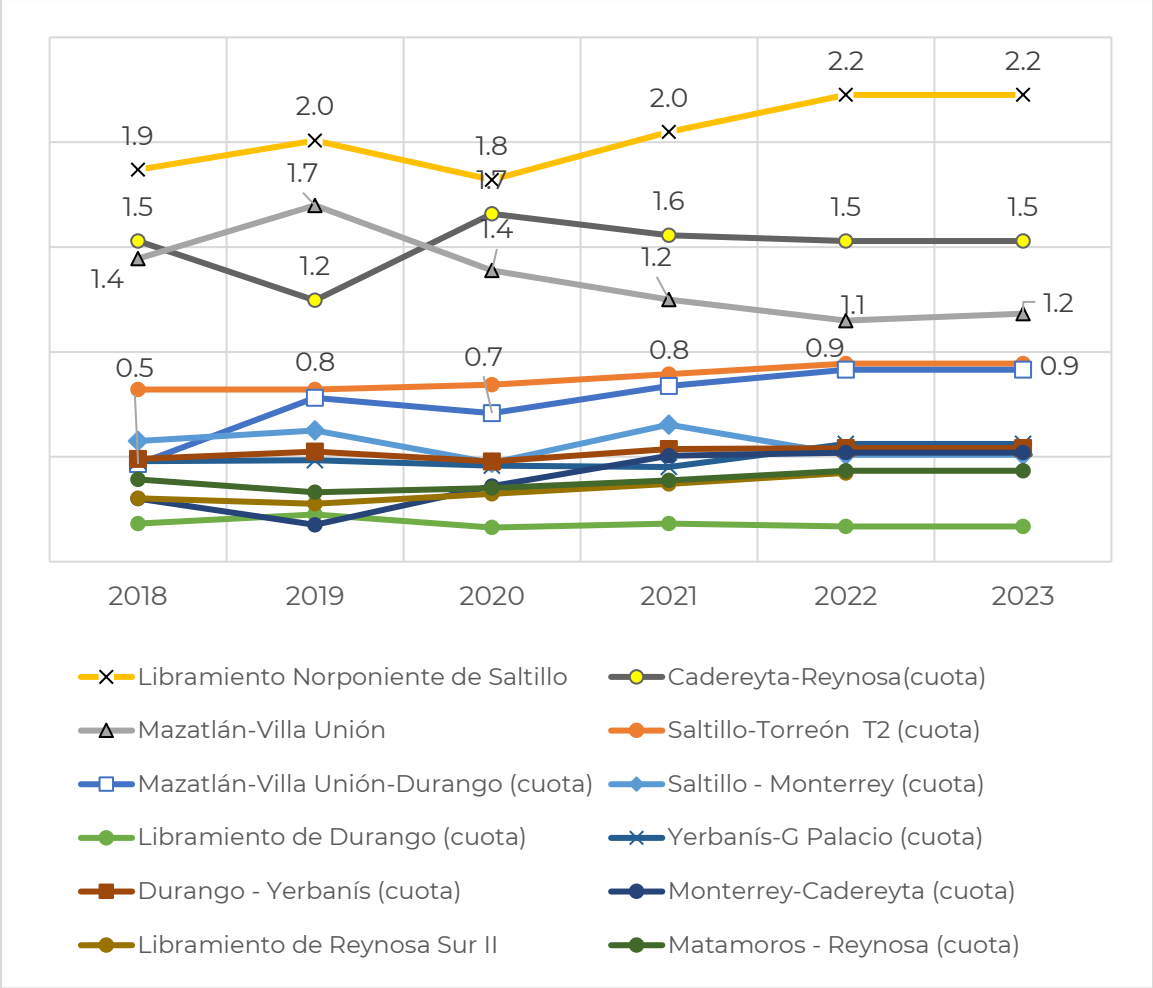


Figura 3.67 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje Mazatlán-Matamoros (millones de horas)

3.2.2.11 Eje carretero Manzanillo-Tampico

Este eje carretero se encuentra constituido por doce segmentos principales, que suman una longitud de 1,093.15 kilómetros. Inicia sobre la carretera de Mazatlán a Villa Unión, toma hacia Durango (cuota), por Villa Unión, cruza por el Libramiento de Durango (cuota), para dirigirse a Yerbanís (cuota). Llega a Gómez Palacio (cuota), y toma por Saltillo – Torreón (cuota) T2, cruza por Libramiento Norponiente de Saltillo, para dirigirse a Monterrey (cuota). Sube a Cadereyta (cuota), para ir a Reynosa (cuota). Cruza por el Libramiento de Reynosa Sur II y pasa por Matamoros para llegar a Reynosa (cuota). La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.13.

Tabla 3.13 Segmentos carreteros Manzanillo - Tampico

Tramos carreteros
Armería - Manzanillo (cuota)
Guadalajara - Colima (cuota)
Zapotlanejo - Guadalajara (cuota)
Zapotlanejo - Lagos de Moreno
Lagos de Moreno - Villa de Arriaga
San Luis Potosí - Villa de Arriaga
Libramiento Oriente de San Luis Potosí
Cerritos - Río Verde (cuota)
Rayón - Entronque Tamuín (cuota)
Ciudad Valles - Tampico

En la Figura 3.62Figura 3.62, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. Este eje carretero presenta un comportamiento típico del período de análisis, dónde la pandemia ocurrida en 2020 frenó el desarrollo de las actividades, por lo tanto, provocó la reducción del flujo vehicular en las carreteras, con la consiguiente disminución de los costos de demoras.

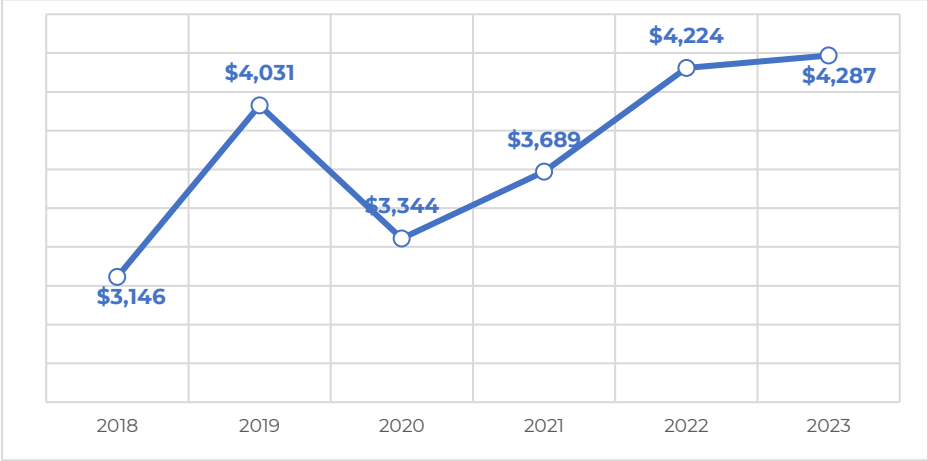


Figura 3.68 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Manzanillo-Tampico (millones de pesos)

Pasada la pandemia, en diferentes corredores de transporte, las actividades comenzaron a retomar su nivel y, por lo tanto, los costos de demora se incrementaron, con una tasa de crecimiento media anual de 4.2 %. En 2023, el costo de las demoras de los camiones de carga se estimó en 4,287 millones de pesos. De acuerdo con esta estimación, puede preverse un aumento en la congestión por un mayor TDPA sobre dicho eje carretero en los próximos años, debido a la conectividad entre el puerto de Manzanillo y el puerto de Tampico, para llevar carga hacia la costa este y por el creciente movimiento de contendores en estos puertos.

Por segmento carretero, se encontró que en la mayoría de los tramos se presentó una tendencia ascendente de los costos de las demoras de los camiones de carga, durante los últimos cinco años (2018-2023); sin embargo, destacan los tramos Rayón - Entronque Tamuín (cuota) y Libramiento Oriente de San Luis Potosí, que crecieron en este período 19.0 % y 6.8 % respectivamente. Tramos que han venido observando incrementos sustanciales del TDPA. No obstante, los tramos con el mayor costo por demoras son Zapotlanejo - Lagos de Moreno, Guadalajara - Colima (cuota), y Zapotlanejo - Guadalajara (cuota). En la Figura 3.63, se aprecia que ninguno de los tramos carreteros de este eje rebasa los mil millones de pesos por demoras, lo cual implica poco uso de las carreteras, con niveles de servicio altos y alta capacidad disponible.

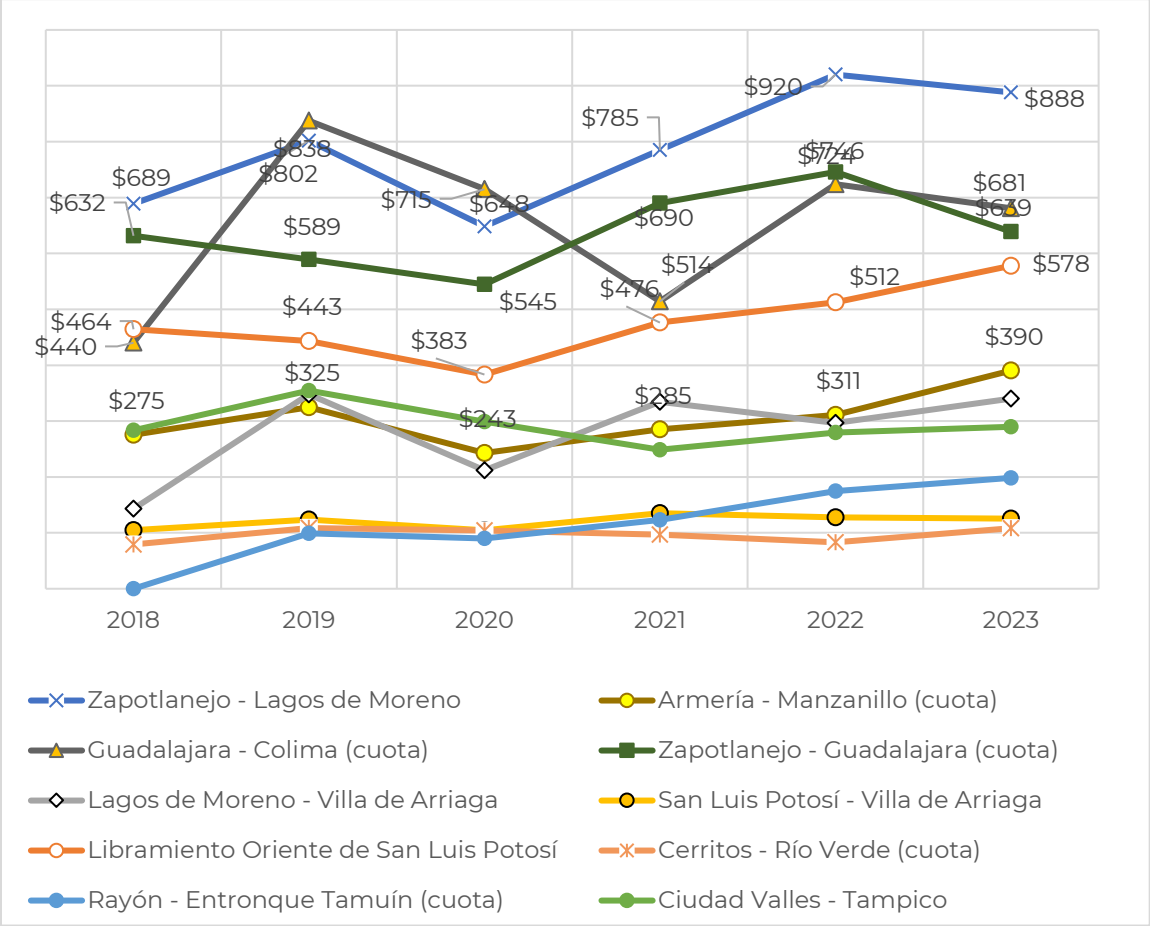


Figura 3.69 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Manzanillo-Tampico (millones de pesos)

En la Figura 3.70, se observa el detalle de los costos por demora, de cada segmento carretero del eje Manzanillo-Tampico, para 2023.

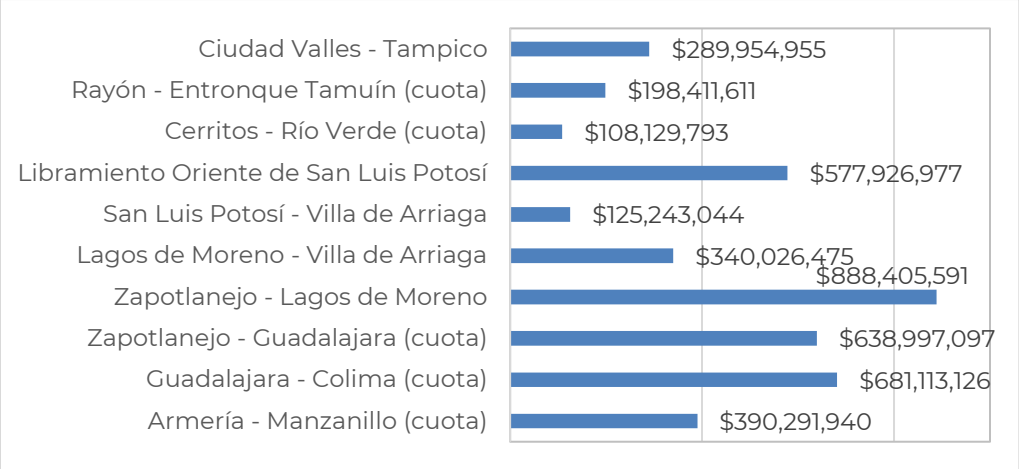


Figura 3.70 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Manzanillo-Tampico (cifras en pesos)

En lo que respecta a las velocidades promedio de los camiones de carga sobre este eje, se detectó una reducción mínima en la mayoría de los tramos, como efecto del crecimiento de TDPA durante el período 2018 a 2023. Ciertamente, la velocidad de los camiones de carga, en todos los tramos muestra que, prácticamente han mantenido rangos altos, que van de 70 a 80 km/h (Figura 3.71)

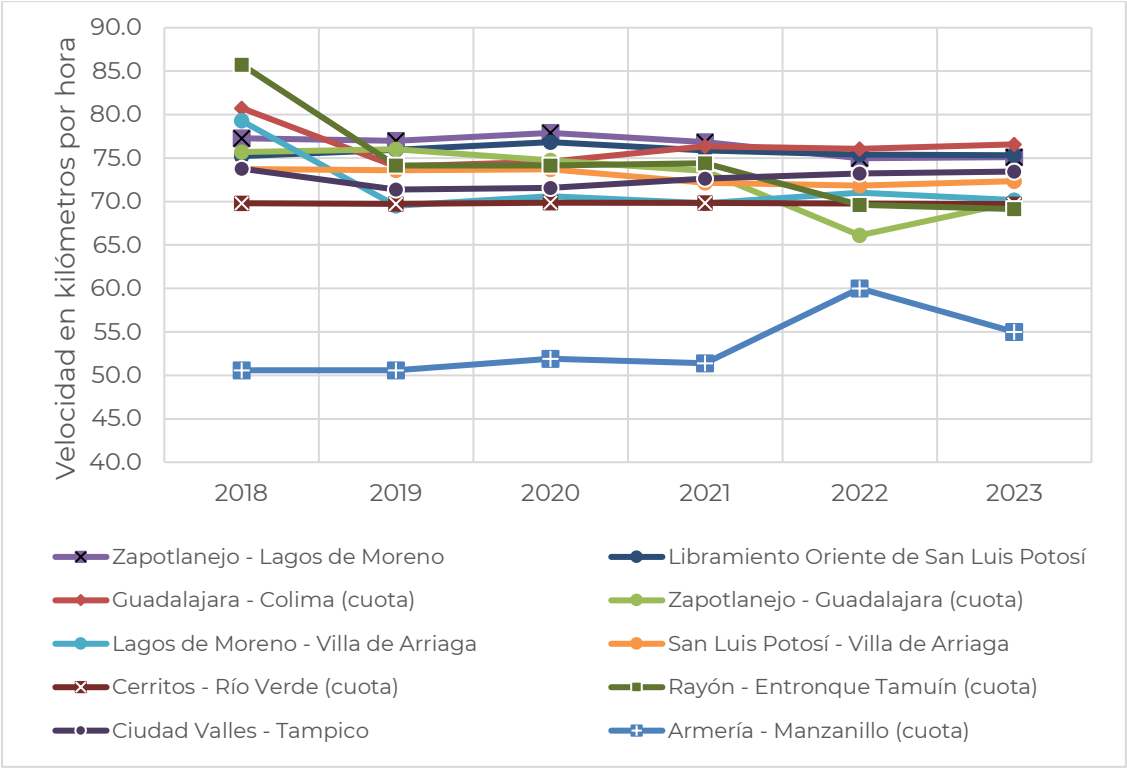


Figura 3.71 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Manzanillo-Tampico

En esta figura se aprecia dicho comportamiento, donde puede destacarse que, entre los tramos más críticos se encuentra Armería - Manzanillo (cuota), debido a que sus velocidades se encuentran en un rango de entre 50 y 60 km/h, muy por debajo del resto de los tramos.

Con relación al número de horas de demora de los camiones de carga en este corredor, se encontró un comportamiento creciente entre 2018 y 2023, con una tasa de crecimiento media anual de 4.1 %, excepto en el año 2020 con motivo de la pandemia. En 2023, se estimó un poco más de once millones de horas por demora, que representa 2.4 % del total de los 15 ejes troncales. En la Figura 3.72, se muestra el número de horas de demora, de 2018 a 2023, sobre este eje carretero, en el cual se destaca una variación mínima entre cada año del periodo de análisis.

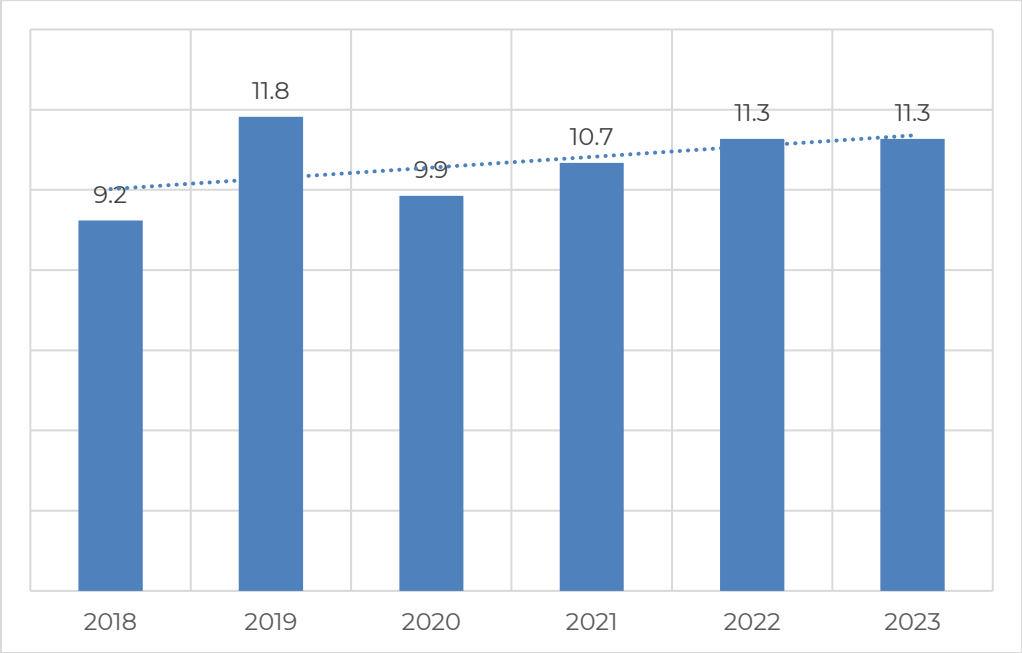


Figura 3.72 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero Manzanillo-Tampico (millones de horas)

En la Figura 3.73, el tramo carretero Zapotlanejo - Lagos de Moreno, Guadalajara - Colima (cuota) y Zapotlanejo - Guadalajara (cuota), en 2023 presentaron alrededor de 2.0 millones de horas de demora en los camiones de carga, con una tasa de crecimiento promedio anual de 19.5, 4.9 y 0.2 %, respetivamente, sin alcanzar el importe de las demoras de 2019 (antes de la pandemia). Igual que otros ejes carreteros, y con base en estas cifras, los tramos que componen este eje, puede decirse que no se

encuentran saturadas, por lo tanto, se estima que hay oportunidad de fomentar el desarrollo de estos dos ejes, para aprovechar los flujos este-oeste que no son atendidos en Estados Unidos.

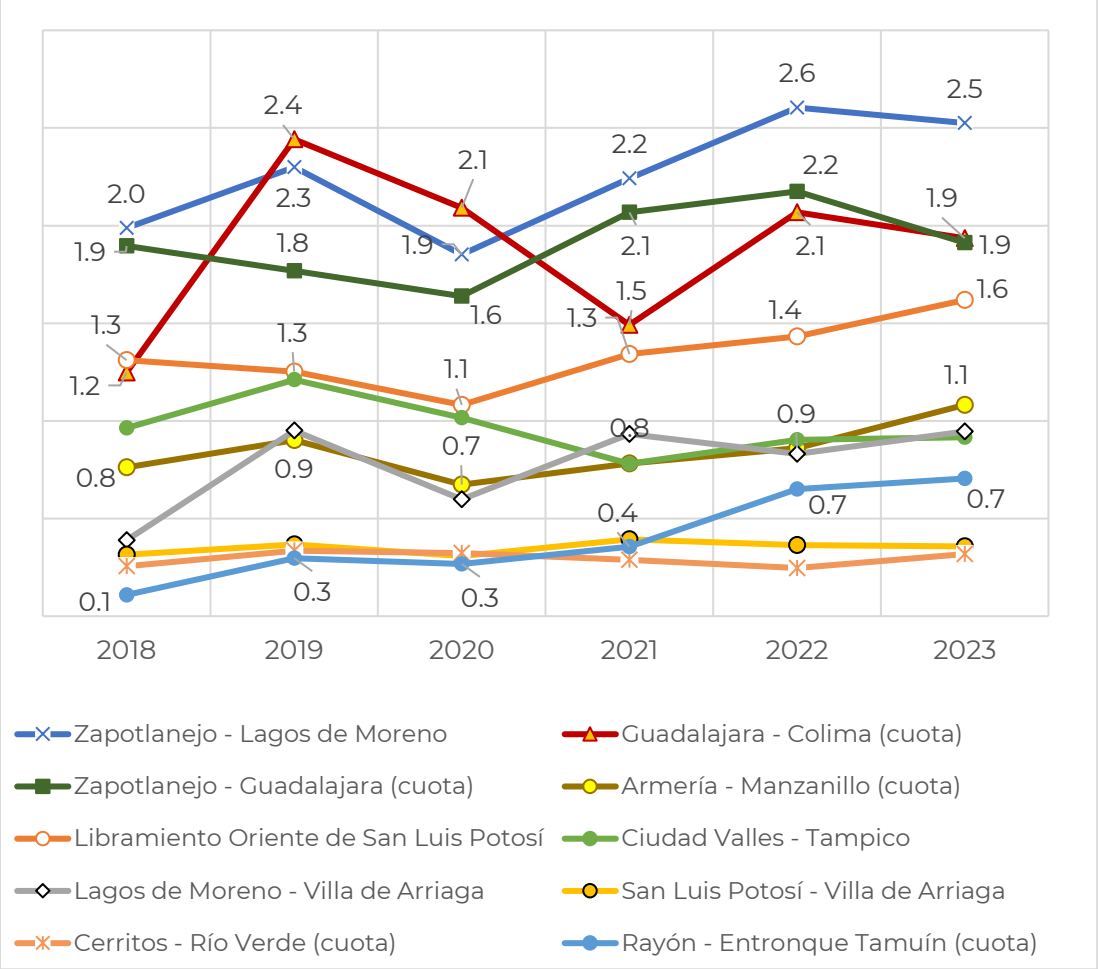


Figura 3.73 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje Manzanillo-Tampico (millones de horas)

3.2.2.12 Eje carretero El Altiplano

Este eje carretero se encuentra constituido por once segmentos principales que suman una longitud de 635.14 kilómetros. Inicia en la carretera M40D, Libramiento Norte CDMX, sigue por la carretera Los Reyes – Zacatepec, hasta llegar a Amozoc con dirección a Perote (cuota), continua por el Libramiento de Perote (cuota), hasta Banderilla (cuota). Cruza por el Libramiento de Xalapa (cuota) y el Libramiento Plan del Río (cuota), sigue por Corral Falso y Cerro Gordo, hasta el entronque con Tamarindo - José Cardel, cruza el Libramiento de Cardel (cuota) hasta el tramo derecho José Cardel - Veracruz. La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14 Segmentos carreteros El Altiplano

Tramos carreteros
Libramiento Norte CDMX
Los Reyes - Zacatepec
Amozoc - Perote (cuota)
Libramiento de Perote (cuota)
Perote - Banderilla (cuota)
Libramiento de Xalapa (cuota)
Libramiento Plan del Río (cuota)
Corral Falso - Cerro Gordo
Tamarindo - José Cardel
Libramiento de Cardel (cuota)
Tramo Derecho José Cardel-Veracruz

En la Figura 3.74, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. Este eje carretero presenta un comportamiento típico del período de análisis, dónde la pandemia ocurrida en 2020, frenó el desarrollo de las actividades, por lo tanto, provocó la reducción del flujo vehicular en las carreteras, con la consiguiente disminución de los costos de demoras.

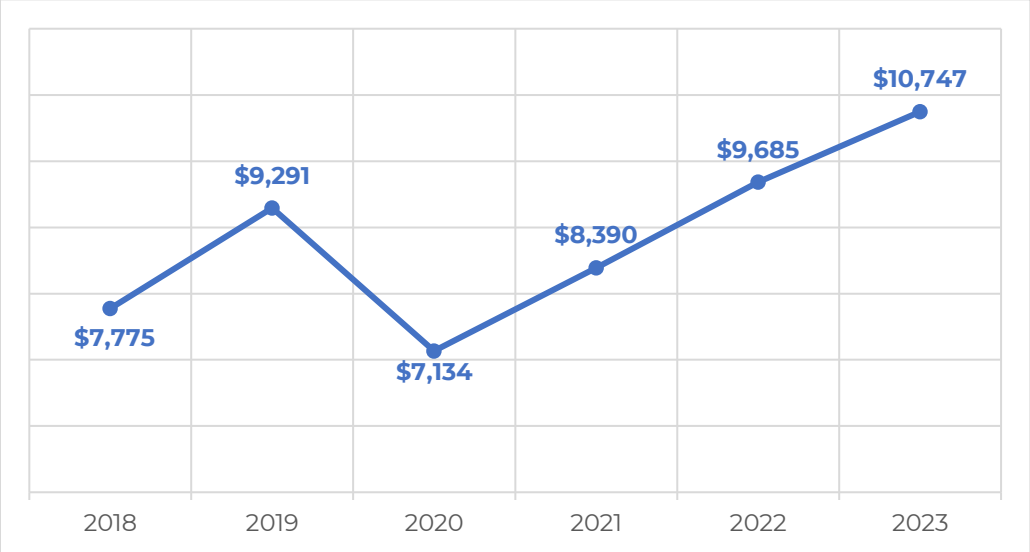


Figura 3.74 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje El Altiplano (millones de pesos)

Lo destacable de este corredor o lo atípico, se encuentra en el acelerado crecimiento de los costos después del año 2020, donde se observa una tasa de crecimiento media anual de alrededor de 7.0 %, cifra que ningún otro corredor había mostrado. Básicamente, esto se debe a la presencia del principal tramo identificado como Libramiento Norte de la Ciudad de México, que alberga un volumen importante de vehículos y, por lo tanto,

genera cuantiosas demoras. Ciertamente, este tramo carretero es relevante porque conduce mercancías de oriente a poniente y viceversa, sin cruzar por la Ciudad de México.

Por segmento carretero, se encontró que en dos tramos se presentó una tendencia ascendente de los costos de las demoras de los camiones de carga durante los últimos cinco años (2018-2023). Destaca de manera relevante el libramiento norte CDMX, por tratarse de uno de los segmentos más importantes que unen El Bajío con la región oriente del país. En algunos tramos de este segmento se mueven hasta 50 mil vehículos de TDPA, y con sus cuatro carriles, llegan a presentarse demoras importantes con alto costo. Un caso similar es el caso de Los Reyes – Zacatepec, con un costo menor de demoras. Tanto el Libramiento Norte de la CDMX y el tramo Los Reyes - Zacatepec, representan 87% de las demoras de los camiones de carga en este eje troncal. Entre ambos, suman un poco más de $9,294 millones de pesos, destacando muy por encima de los tramos que componen todo el eje de transporte. En la Figura 3.75, se aprecia que ninguno otro tramo fuera de estos dos presenta demoras relevantes en este eje carretero.

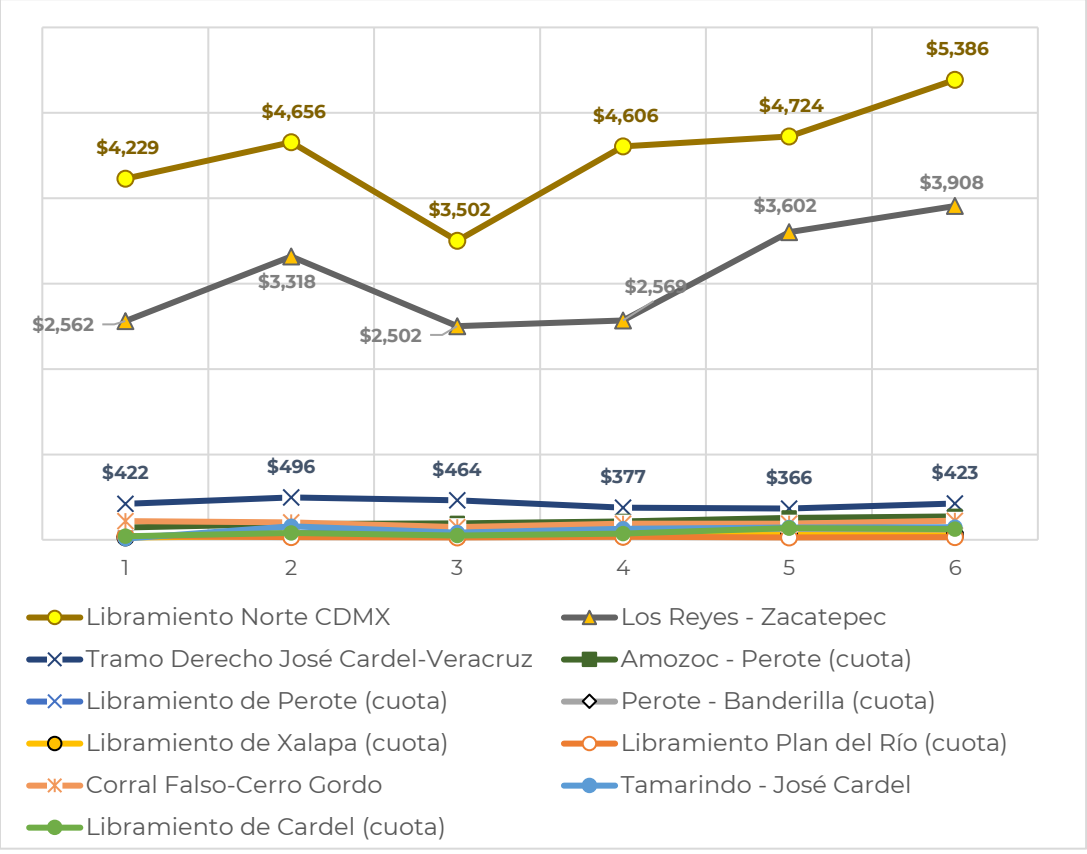


Figura 3.75 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje el Altiplano (millones de pesos)

En la Figura 3.76, se observa el detalle de los costos por demora, en cada segmento carretero del eje El Altiplano, para 2023.

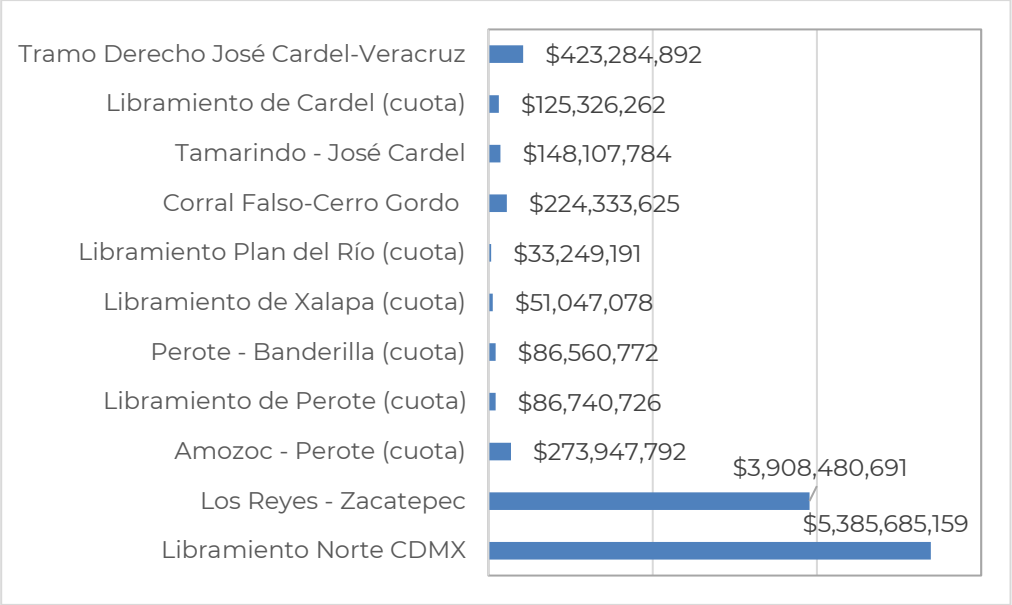


Figura 3.76 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje El Altiplano (cifras en pesos)

Por lo que respecta a las velocidades promedio de los camiones de carga sobre este eje, se detectó una reducción importante entre 2018 y 2019, la cual se estabilizó a partir de 2020 en todos los tramos. De acuerdo con la Figura 3.77, se observa un buen desempeño de las velocidades de los camiones de carga en su desplazamiento, debido a que su rango de velocidad se estimó entre 70 y 80 km/h.

Sin embargo, debido a los altos volúmenes de TDPA el tramo carretero Libramiento Norte Ciudad de México, presenta el mayor deterioro de la velocidad para los camiones de carga, en alrededor de 60 km/h en promedio que, a decir verdad, dicha velocidad no se encuentra tan castigada como en otros tramos carreteros del país. Lo que significa que, existe una fluidez aceptable de los vehículos por dicha carretera.

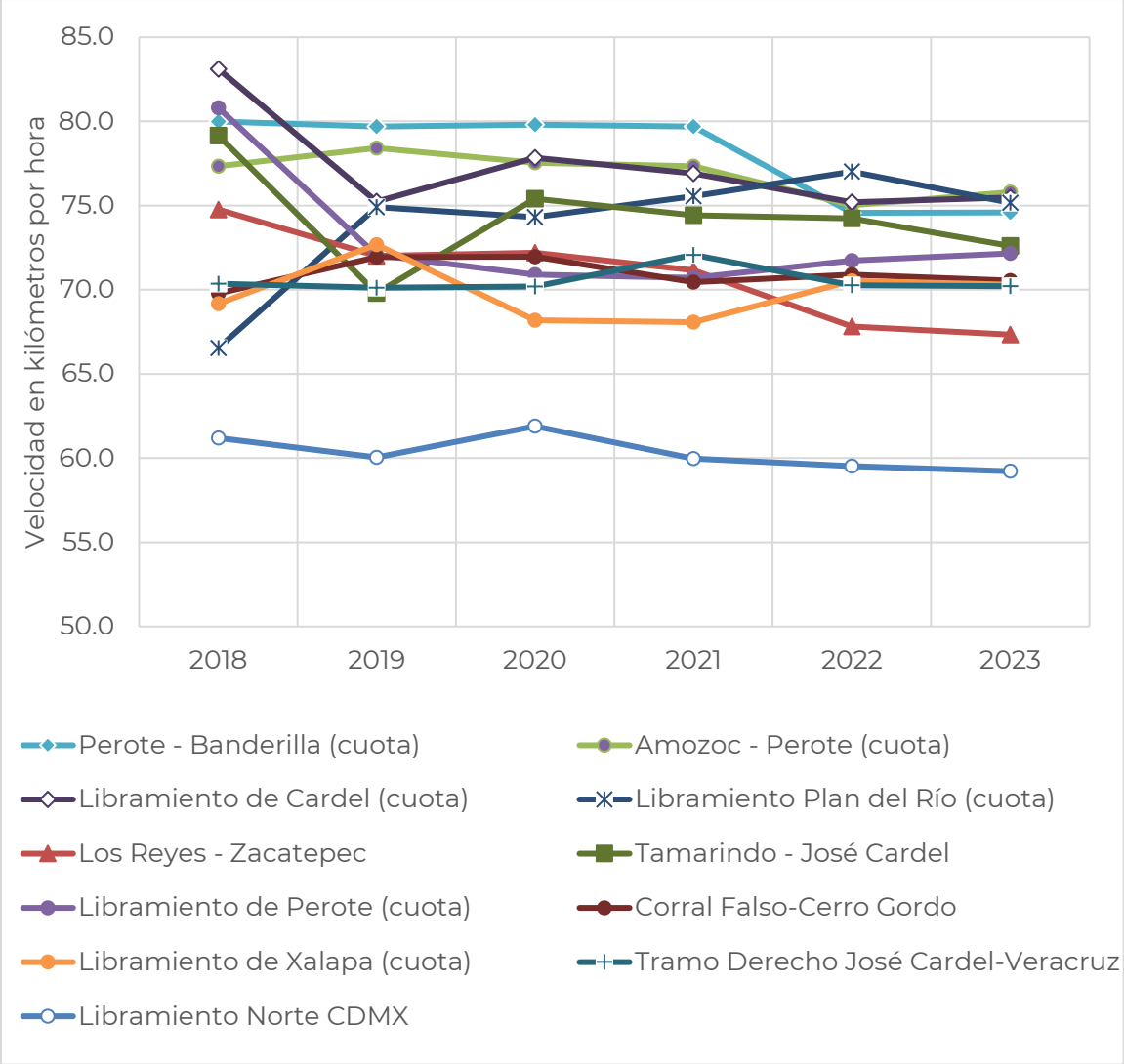


Figura 3.77 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje El Altiplano

Con relación al número de horas de demora de los camiones de carga en este corredor, se encontró un comportamiento creciente entre 2021 y 2023, similar al costo de las demoras, con una tasa de crecimiento media anual de 6.7 %, excepto en el año 2020 con motivo de la pandemia. En 2023, se estimó un poco más de 30 millones de horas por demora, que representa 6.4 % del total de los 15 ejes troncales y que puede considerarse significativo. En la Figura 3.78, se muestra el número de horas de demora, de 2018 a 2023, sobre este eje carretero, en el cual puede destacarse una variación de 14.6 % entre 2021 y 2023.

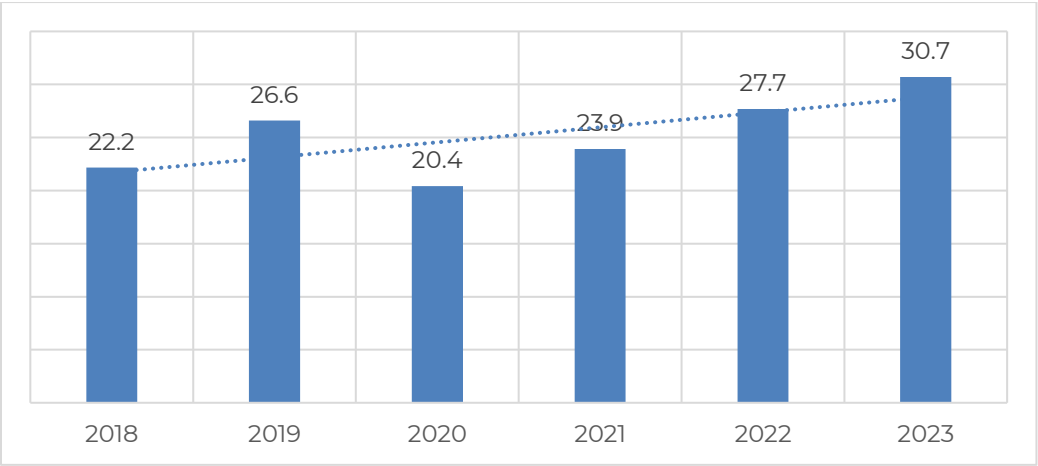


Figura 3.78 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero El Altiplano (millones de horas)

En la Figura 3.79, los tramos carreteros Libramiento Norte de la CDMX y Los Reyes - Zacatepec, en 2023 presentaron alrededor de 26.5 millones de horas de demora de los camiones de carga, con una tasa de crecimiento promedio anual de 4.9, y 8.9 %, respectivamente, con lo cual se rebasó la cantidad de horas de demoras de 2019 (antes de la pandemia). Esto puede significar que el Libramiento Norte, se utilizó de manera intensa inmediatamente después de la pandemia.

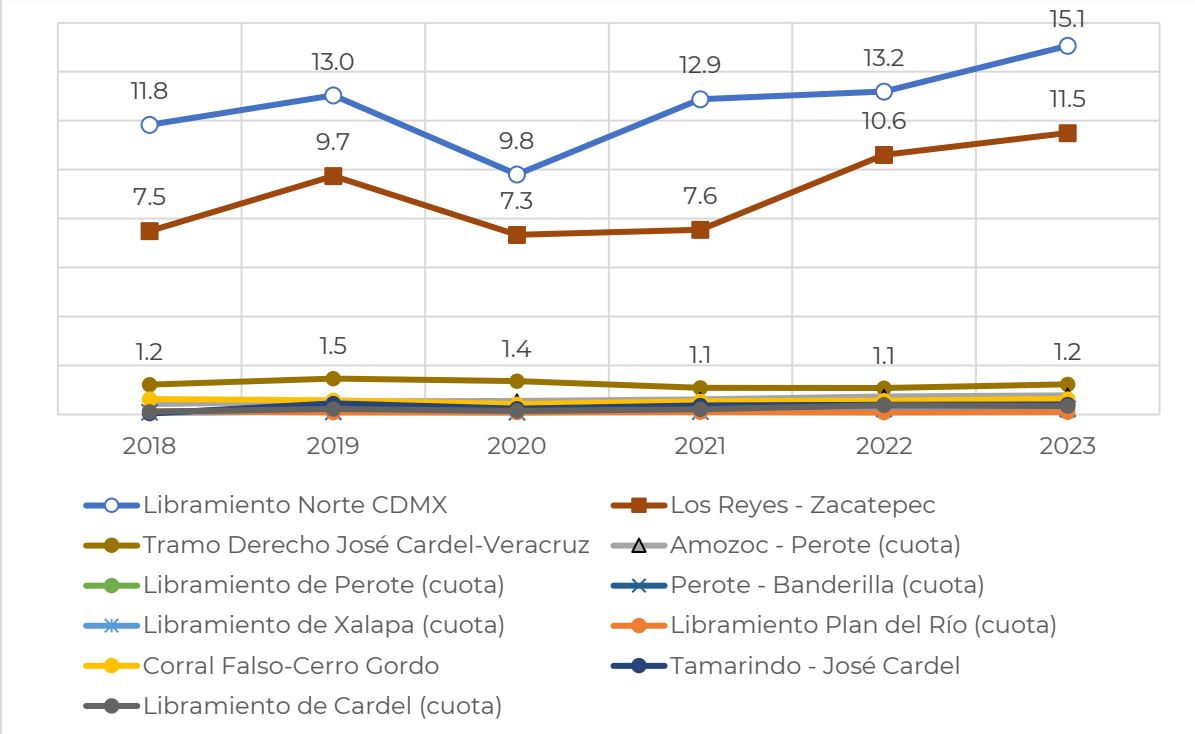


Figura 3.79 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje El Altiplano (millones de horas)

3.2.2.13 Eje carretero México-Tuxpan

Este eje carretero se encuentra constituido por cinco segmentos principales que suman una longitud de 315.94 kilómetros. Inicia en México a la altura de Ecatepec y sobre la carretera a Pachuca (cuota), llega al Entronque Tulancingo hasta Tejocotal, sigue por Nuevo Necaxa hasta Tihuatlán (cuota), donde se dirige a Tuxpan. La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15 Segmentos carreteros México-Tuxpan

Tramos carreteros
México - Pachuca (cuota)
México - Pachuca (libre)
Entronque Tulancingo - Venta Grande (cuota)
Nuevo Necaxa - Tihuatlán (cuota)
Tihuatlán - Tuxpan

En la Figura 3.80Figura 3.62, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. Este eje carretero presenta un comportamiento típico del período de análisis, dónde la pandemia ocurrida en 2020 frenó el desarrollo de las actividades, por lo tanto, provocó la reducción del flujo vehicular en las carreteras, con la consiguiente disminución de los costos de demoras.

Lo destacable de este corredor, también se encuentra en un acelerado crecimiento de los costos después del año 2020, donde se observa una tasa de crecimiento media anual de alrededor de 8.0 %, cifra superior al corredor anterior. En 2023, este eje carretero tuvo demoras por casi 4,500 millones de pesos; a pesar de incrementarse de manera acelerada, representa apenas 2.8 % del total de los 15 ejes carreteros.

Por segmento carretero, los tramos México - Pachuca (cuota) y México - Pachuca (libre), suman 81.0 % de las demoras de los camiones de carga en este eje troncal. Entre ambos, suman un poco más de $3,630 millones de pesos durante 2023, como puede apreciarse en la Figura 3.81, ambos destacan muy por encima de los tramos que componen todo el eje de transporte, que no llegan a 500 millones de pesos por demoras, lo cual implica poco uso de las carreteras, con niveles de servicio altos y alta capacidad disponible, con excepción de los dos mencionados.

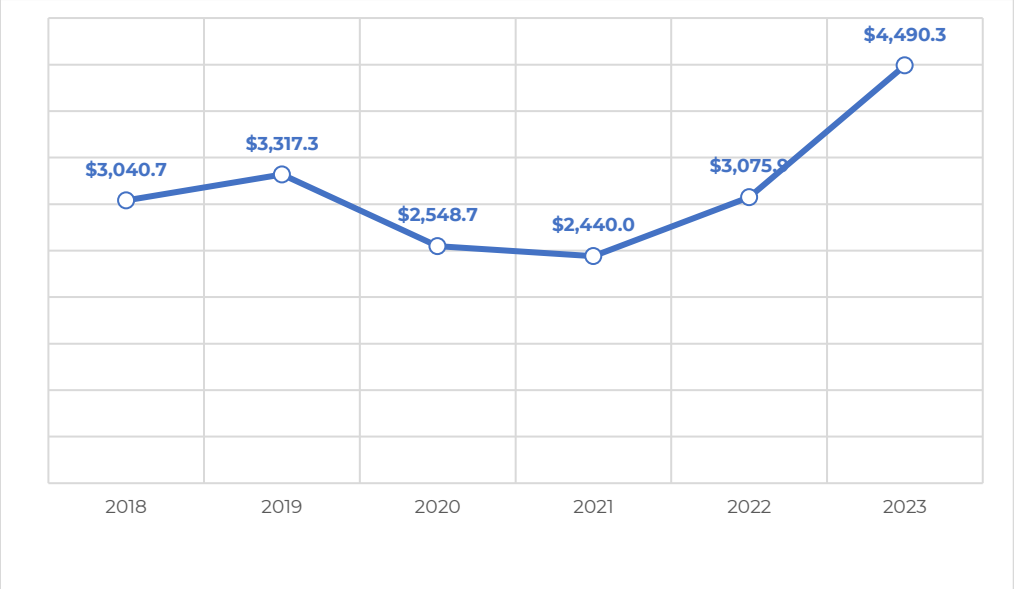


Figura 3.80 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje México-Tuxpan (millones de pesos)

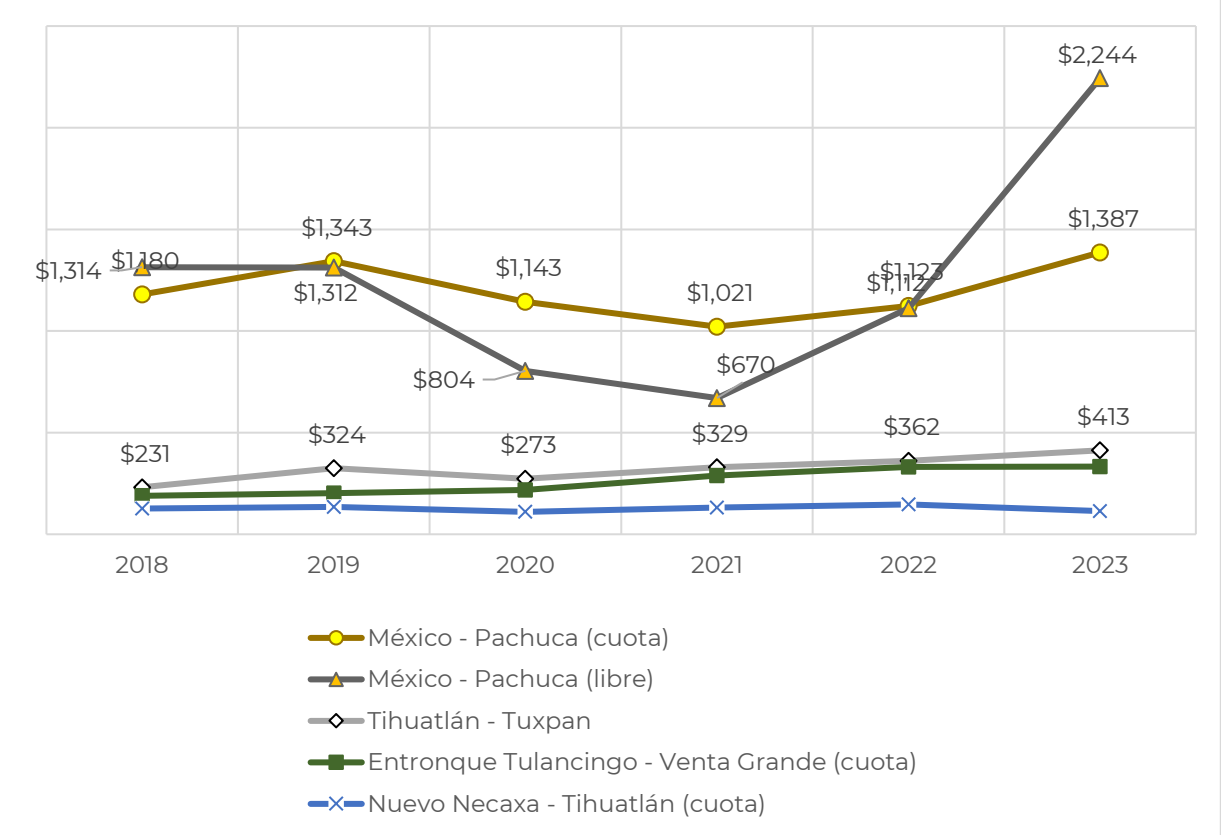


Figura 3.81 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje México-Tuxpan (millones de pesos)

En la Figura 3.82, se observa el detalle de los costos por demora, en cada segmento carretero del eje México-Tuxpan, para 2023.

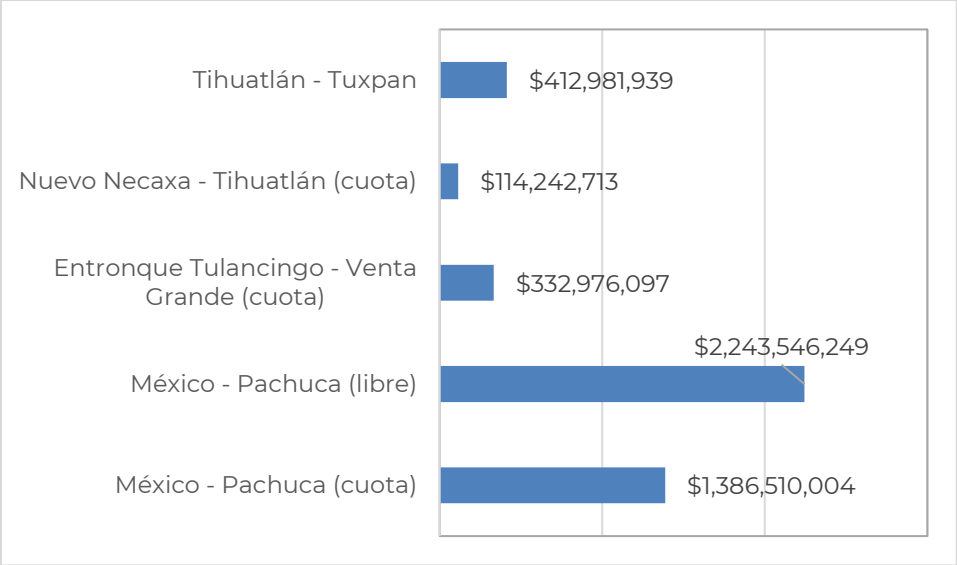


Figura 3.82 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje México-Tuxpan (cifras en pesos)

Por lo que respecta a las velocidades promedio de los camiones de carga sobre este eje, se detectaron valores bajos, entre 2018 y 2019, en los tramos más críticos. De acuerdo con la Figura 3.83, se observa un pésimo desempeño de las velocidades de los camiones de carga en su desplazamiento, debido a que su rango de velocidad se estimó entre 60 y 65 km/h, pero para los tramos más críticos, su velocidad cayó más a allá de 35 km/h, en particular en los tramos, México - Pachuca (cuota) y México - Pachuca (libre) que parece haber incrementado su TDPA de manera súbita, sobre todo en 2023. Este resultado implica, la presencia de importantes congestionamientos en ambos tramos, lo que significa que la fluidez aceptable de los vehículos en dicha carretera está comprometida.

Con relación al número de horas de demora de los camiones de carga en este corredor, se encontró un comportamiento creciente entre 2021 y 2023, similar al costo de las demoras, con una tasa de crecimiento media anual de 7.7 %, excepto en el año 2020, debido a la pandemia. En 2023, se estimó un poco más de 13.4 millones de horas por demora, que representa 2.8 % del total de los 15 ejes troncales y que puede considerarse significativo. En la Figura 3.84, se muestra el número de horas de demora sobre este eje carretero, entre 2018 y 2023, en el cual puede destacarse una variación de 22.5 % entre 2021 y 2023.

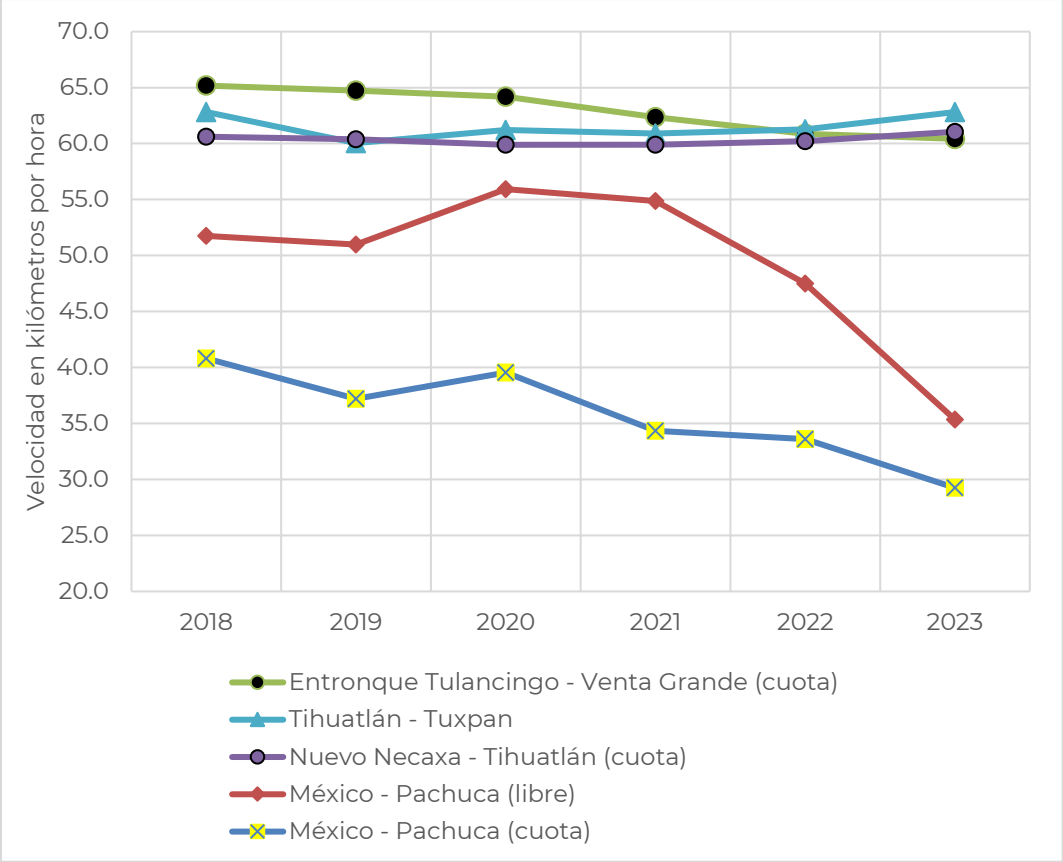


Figura 3.83 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje México-Tuxpan

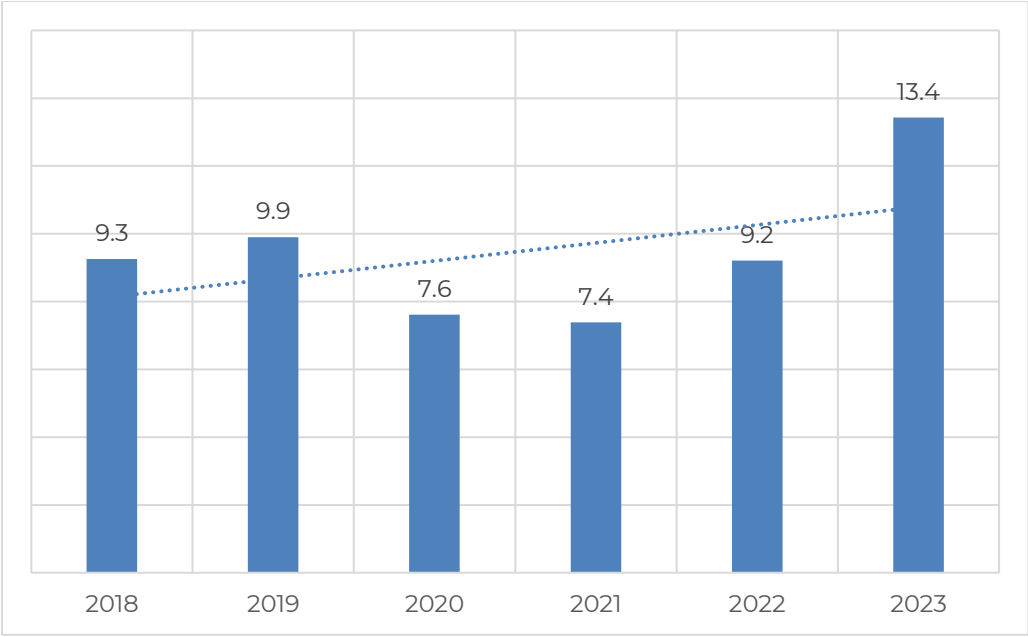


Figura 3.84 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero México-Tuxpan (millones de horas)

En la Figura 3.85, se observa que el tramo carretero México-Pachuca (cuota), en 2023 presentó un poco más de 4.3 millones de horas de demora de camiones de carga, con una tasa de crecimiento media anual de 11.3%, con lo cual apenas rebasó la cantidad de horas de demoras de 2019 (antes de la pandemia).

Esto puede significar que dicho tramo se utilizó de manera intensa inmediatamente después de la pandemia. Con el fin de comparar este segmento con el tramo México-Pachuca (libre), puede observarse que este último llegó a 6.7 millones de horas de demora en 2023, superando al tramo de cuota que pertenece el eje troncal.

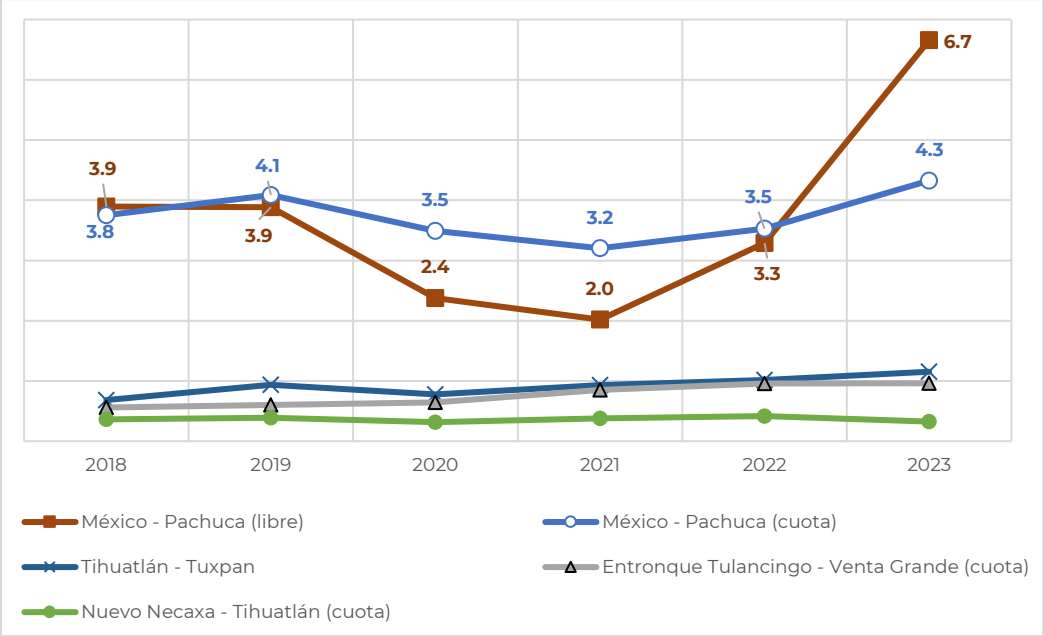


Figura 3.85 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje México-Tuxpan (millones de horas)

3.2.2.14 Eje carretero Acapulco-Veracruz

Este eje carretero se encuentra constituido por siete segmentos principales que suman una longitud de 691.83 kilómetros. Inicia sobre la carretera 95D en Acapulco, para dirigirse a Cuernavaca, y llega a Cuautlixco por la carretera 160. Por esta misma carretera se dirige a Santa Bárbara, para llegar a Izúcar de Matamoros, donde arriba a Atlixco y conecta a Jantetelco (cuota). De ahí circula por la carretera 438D hasta Puebla, sigue por la 150D hasta Córdoba, después continúa por el entronque de la Tinaja, hasta llegar a Acatzingo (cuota), después se dirige a Ciudad Mendoza (cuota) y luego a Veracruz. La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Segmentos carreteros Acapulco-Veracruz

Tramos carreteros
Acapulco - Cuernavaca (cuota)
Cuernavaca - Cuautlixco
Santa Bárbara - Izúcar de Matamoros
Atlixco - Jantetelco (cuota)
Puebla - Acatzingo (cuota)
Acatzingo - Ciudad Mendoza (cuota)

En la Figura 3.86 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Acapulco-Veracruz (millones de pesos)Figura 3.62, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. Este eje carretero presenta un comportamiento típico del período de análisis, dónde la pandemia ocurrida en 2020, frenó el desarrollo de las actividades, por lo tanto, provocó la reducción del flujo vehicular en las carreteras, con la consiguiente disminución de los costos de demoras. Lo destacable de este corredor se debe a que no se ha presentado un incremento sustancial del TDPA y desde luego del costo de las demoras, su tasa de crecimiento media anual en este periodo fue apenas de 0.7 %. De hecho, no se ha alcanzado lo que ya costaban en 2019 (antes de la pandemia). En 2023, este eje carretero tuvo demoras por casi 10,913 millones de pesos. lo que representa 6.4 % del total de los 15 ejes carreteros.

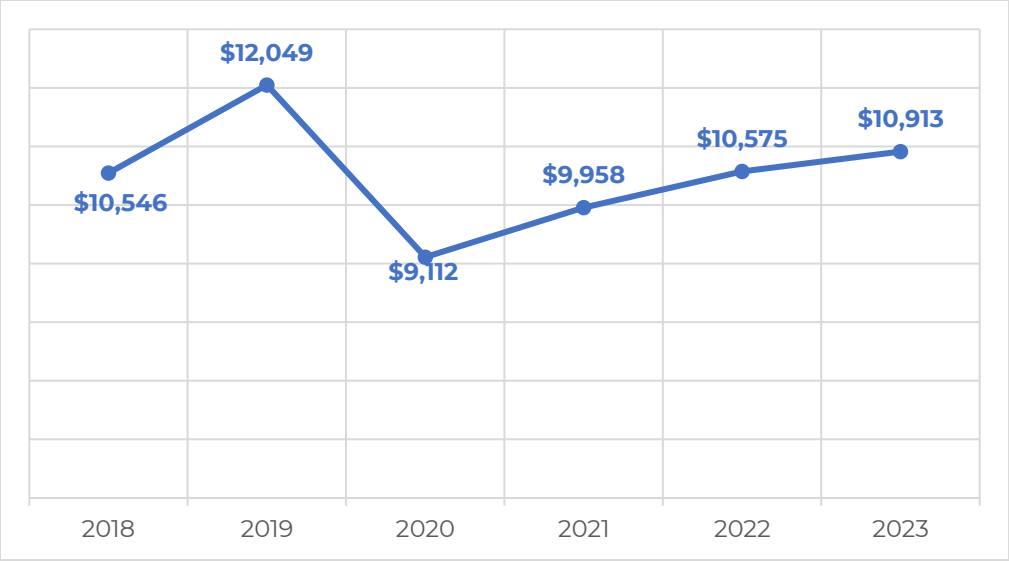


Figura 3.86 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Acapulco-Veracruz (millones de pesos)

Por segmento carretero, Puebla - Acatzingo (cuota) y Acapulco - Cuernavaca (cuota) son los tramos con el mayor costo por demoras de los camiones de carga en este eje troncal. Entre ambos, llegaron a representar 62.0 % del costo total en 2023, es decir, suman un poco más de $6,761 millones de pesos que, como puede apreciarse en la Figura 3.87, ambos destacan por encima de los tramos que componen todo el eje de transporte, no obstante, la mayoría de ellos rebasan los 1,000 millones de pesos por demoras, lo cual implica un uso intenso de las carreteras de este eje troncal.

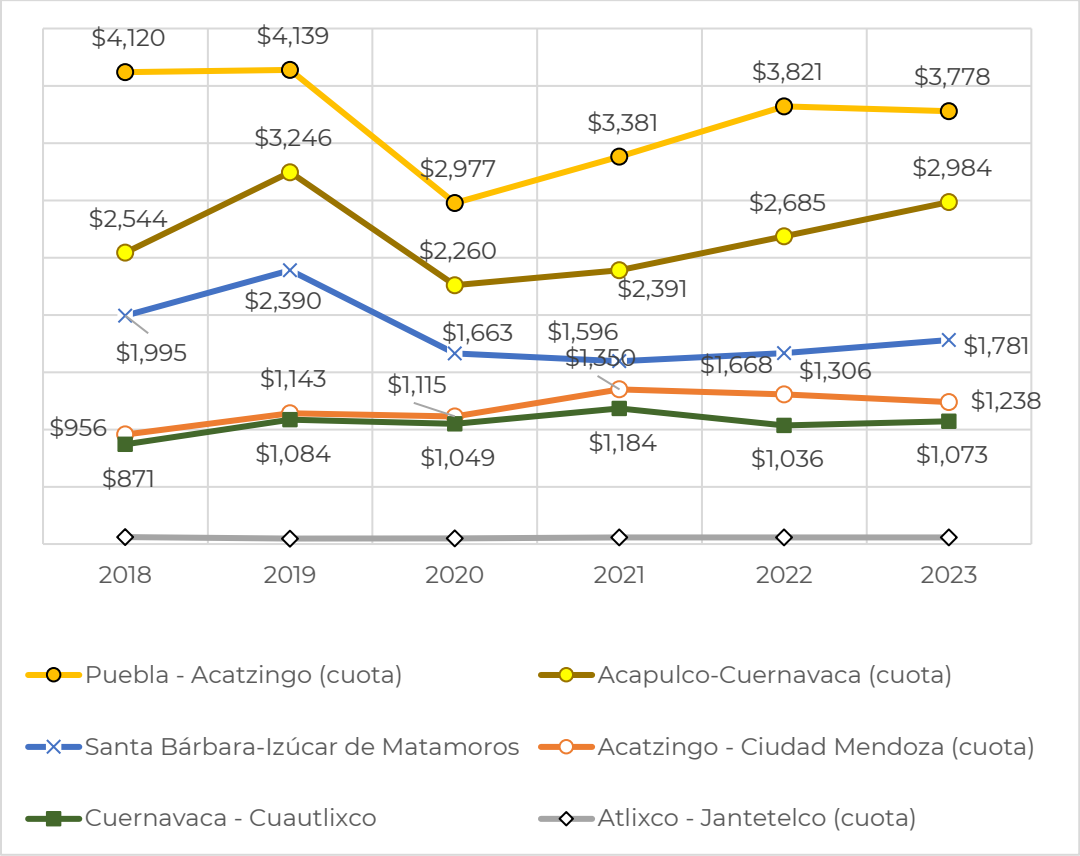


Figura 3.87 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Acapulco-Veracruz (millones de pesos)

En la Figura 3.88, se observa el detalle de los costos por demora, en cada segmento carretero del eje Acapulco-Veracruz, para 2023.

Por lo que respecta a las velocidades promedio de los camiones de carga sobre este eje, se detectaron velocidades de 35 km/h, entre 2018 y 2019, en el tramo más crítico (Puebla-Acatzingo (cuota)), tal y como puede apreciarse en la Figura 3.89 En esta figura se observa un desempeño regular para ciertos tramos, con velocidades de entre 50 y 60 km/h, y otros tramos con mejores velocidades de entre 65 y 75 km/h. Destaca que, en el

periodo de análisis, en general, todos los tramos mantuvieron la misma velocidad, lo que se interpreta como una fluidez aceptable.

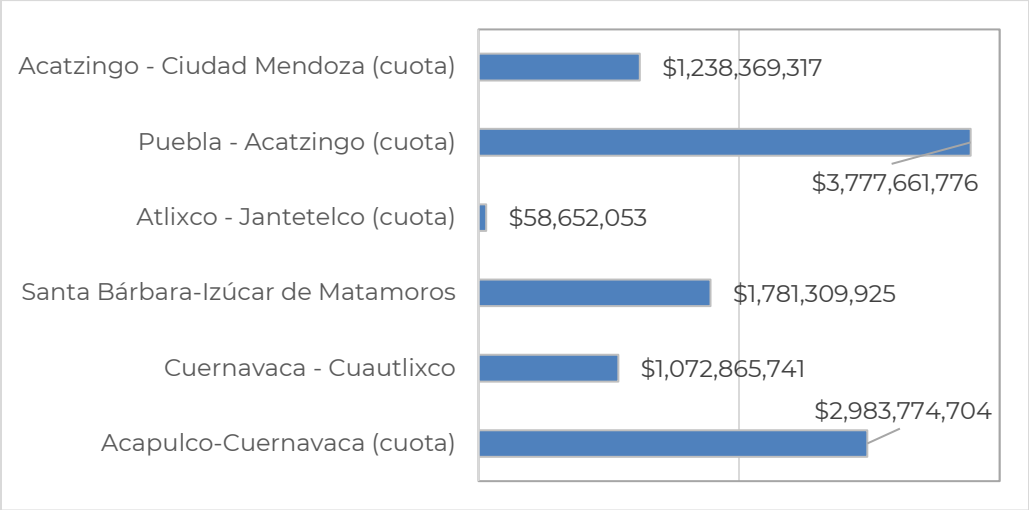


Figura 3.88 Costo anual de las demoras de camiones de carga en 2023 por segmento carretero del eje Acapulco-Veracruz (cifras en pesos)

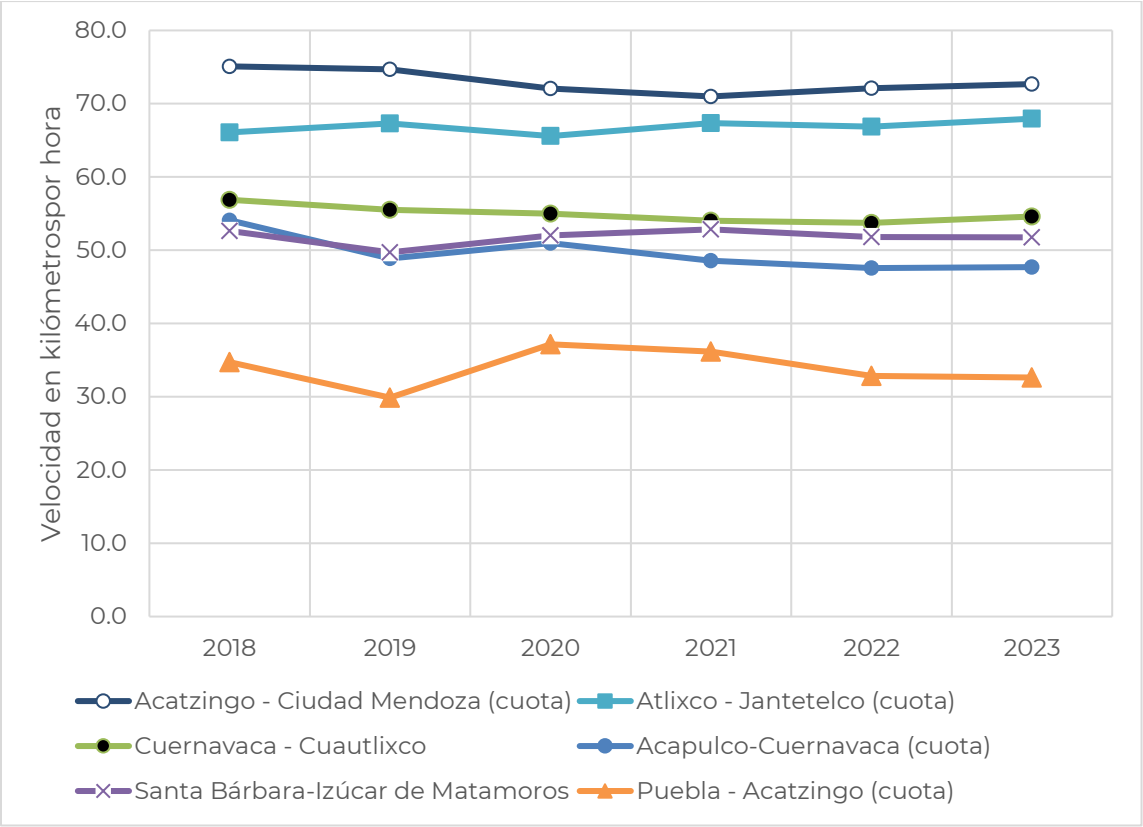


Figura 3.89 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Acapulco-Veracruz

Con relación al número de horas de demora de los camiones de carga en este corredor, se encontró un comportamiento estable entre 2020 y 2023, similar al costo de las demoras, con una tasa de crecimiento media anual de 0.1 %, excepto en el año 2020 con motivo de la pandemia.

En 2023, se estimó un poco más de 35.5 millones de horas por demora, que representa 6.9 % del total de los 15 ejes troncales y que puede considerarse significativo. En la Figura 3.90 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero Acapulco-Veracruz (millones de horas), se muestra el número de horas de demora, de 2018 a 2023, sobre este eje carretero, en el cual puede destacarse una variación de apenas 4.7 %, entre 2021 y 2023.

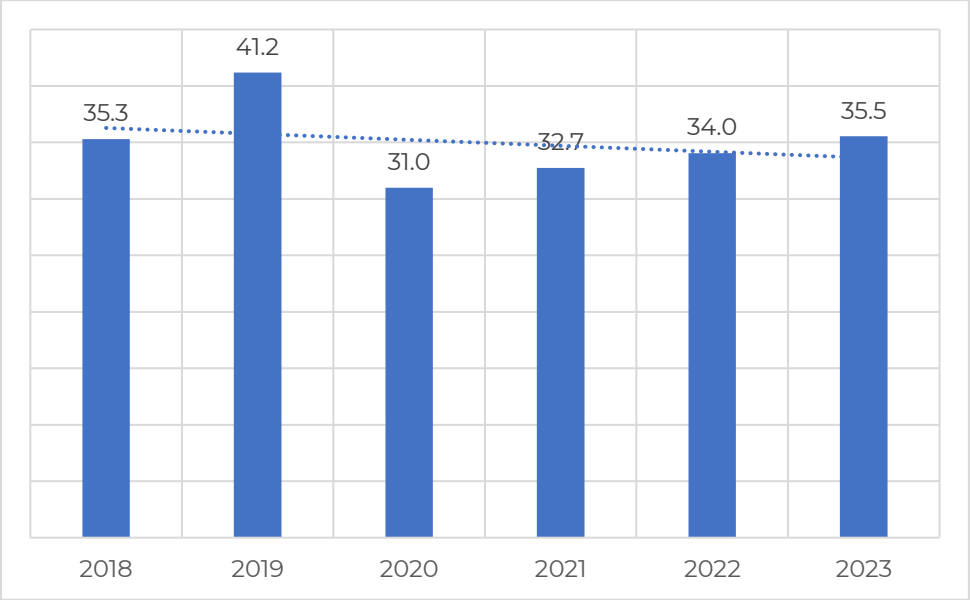


Figura 3.90 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero Acapulco-Veracruz (millones de horas)

En la Figura 3.91 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje Acapulco-Veracruz (millones de horas), se puede observar que el tramo carretero Puebla - Acatzingo (cuota), en 2023 presentó un poco más de 11.6 millones de horas de demora de los camiones de carga, con una tasa de crecimiento media anual de -1.8 %, con lo cual no pudo rebasar la cantidad de horas de demoras de 2019 (antes de la pandemia). Esto significa que dicho tramo mantuvo sus flujos vehiculares después de la pandemia.

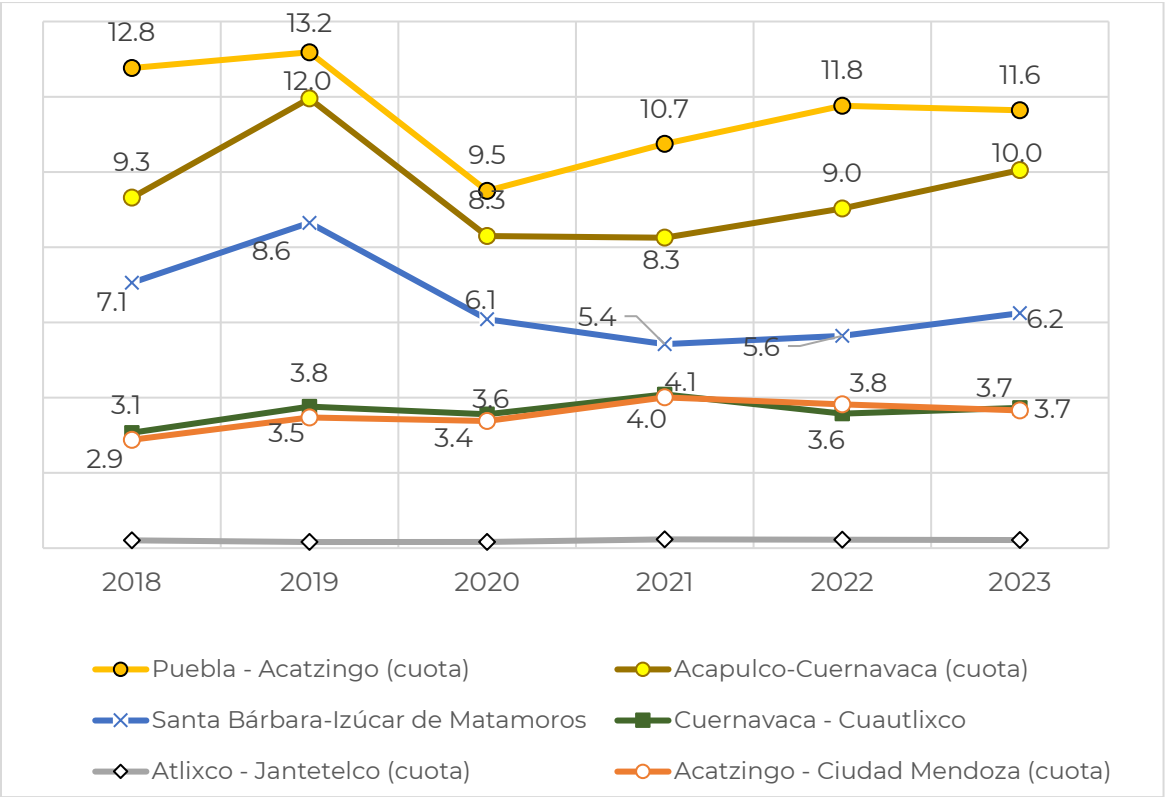


Figura 3.91 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje Acapulco-Veracruz (millones de horas)

3.2.2.15 Eje carretero Circuito Transístmico

Este eje carretero se encuentra constituido por cinco segmentos principales que suman una longitud de 717.70 kilómetros. Inicia sobre la carretera 185 en Coatzacoalcos, para ir a Salina Cruz, hasta el Entronque La Ventosa, para conectar con San Pedro Tapanatepec. De ahí, continúa hacia Tapanatepec, para cruzar por Arriaga y dirigirse a Ocozocoautla (cuota), para cerrar el circuito por Las Choapas y llegar a Coatzacoalcos. La lista de segmentos incluidos en este eje carretero se presenta en la Tabla 3.17.

Tabla 3.17 Segmentos carreteros Circuito Transístmico

Tramos carreteros
Coatzacoalcos - Salina Cruz
Entronque La Ventosa - San Pedro Tapanatepec
Tapanatepec - Arriaga
Arriaga - Ocozocoautla (cuota)
Las Choapas - Ocozocoautla (cuota)

En la Figura 3.92Figura 3.62, se presenta el costo anual estimado por demoras en los camiones de carga, de 2018 a 2023. Este eje carretero presenta un comportamiento típico del período de análisis, dónde la pandemia ocurrida en 2020 frenó el desarrollo de las actividades, por lo tanto, provocó la reducción del flujo vehicular en las carreteras, con la consiguiente disminución de los costos de demoras.

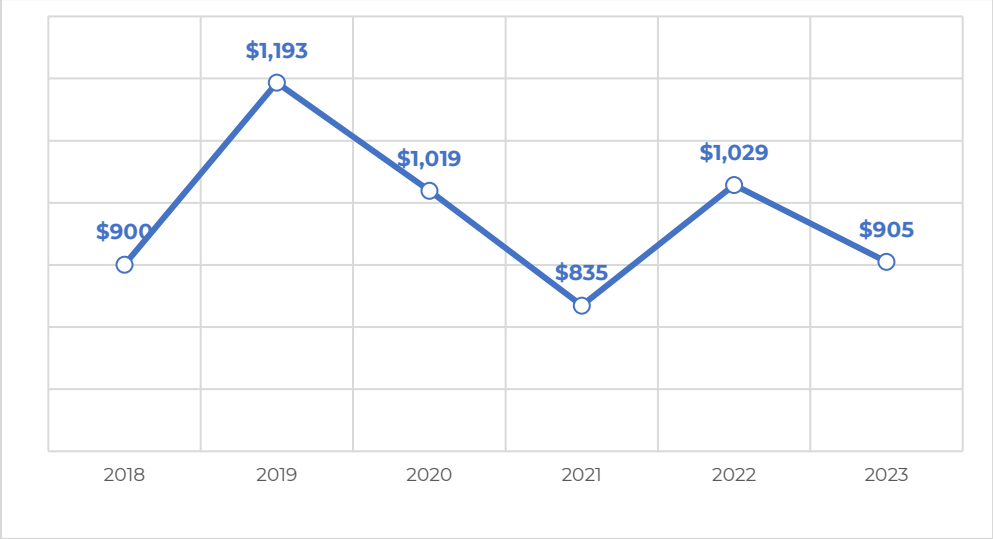


Figura 3.92 Costo anual de las demoras en los camiones de carga sobre el eje Circuito Transístmico (millones de pesos)

Lo destacable de este corredor, se debe a que, en años subsecuentes no se logró alcanzar el costo de las demoras de 2019, su tasa de crecimiento media anual en este periodo fue de apenas 0.1 %, lo que significa que el TDPA se redujo. En 2023, este eje carretero tuvo demoras por casi 905 millones de pesos, lo que representa apenas 0.5 % del total del costo por demoras de los 15 ejes carreteros.

Por segmento, el tramo carretero Arriaga-Ocozocoautla (cuota) es el de mayor costo por demoras de los camiones de carga en este eje troncal, sin embargo, los otros cinco no se encuentran muy distantes del primero, sobre todo en 2023, donde la mayoría de los tramos se centraron en $200 millones de pesos, tal y como se puede apreciar en la Figura 3.87 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Acapulco-Veracruz (millones de pesos) de hecho, todos juntos no rebasan los 1,000 millones de pesos, lo cual implica el poco uso de las carreteras en este eje troncal.

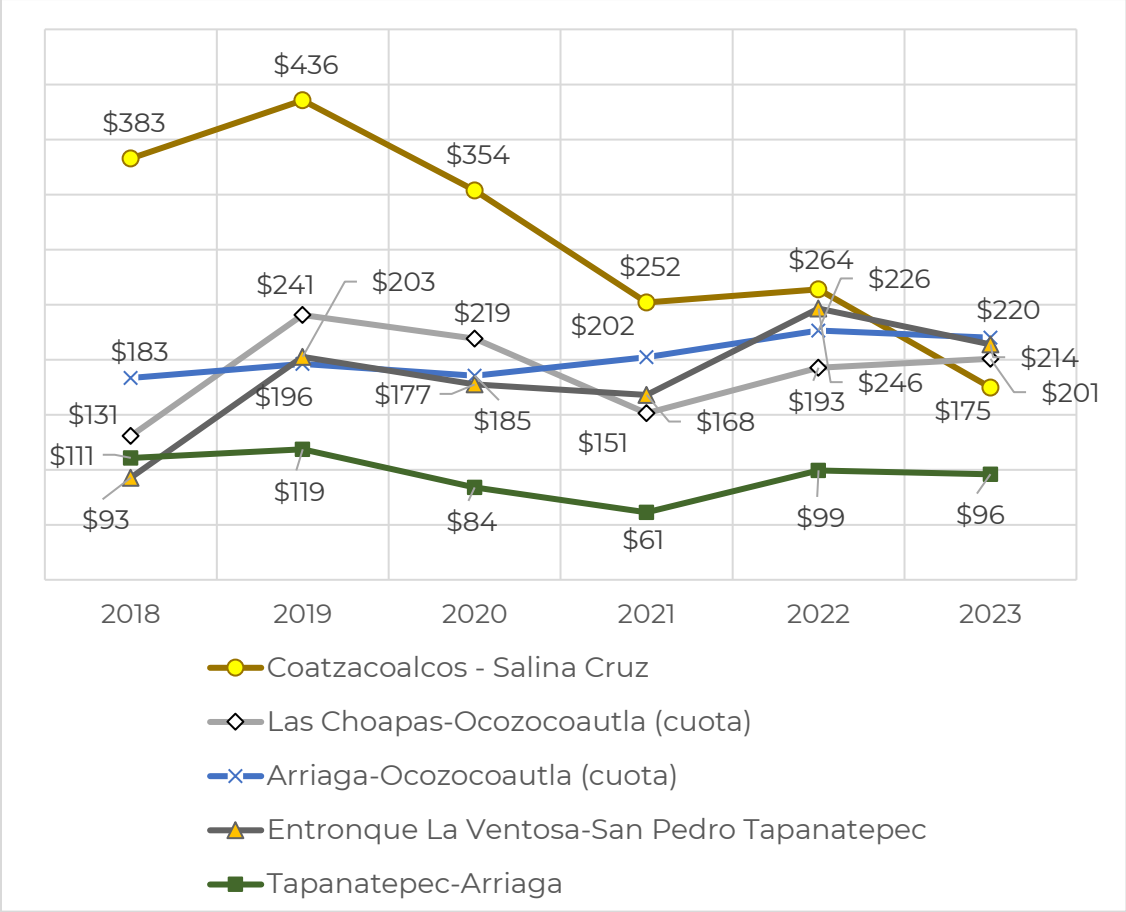


Figura 3.93 Costo anual de las demoras en los camiones de carga, por segmento carretero del eje Circuito Transístmico (millones de pesos)

En la Figura 3.94, se observa el detalle de los costos por demora, en cada segmento carretero del eje Circuito Transístmico, para 2023.

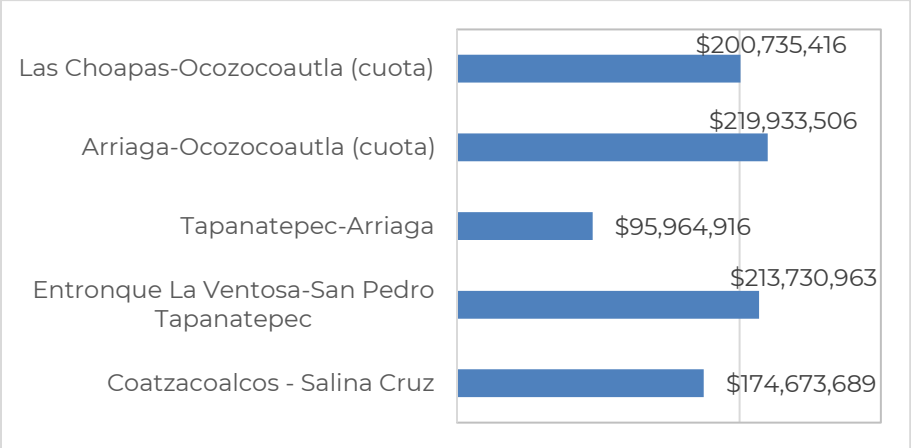


Figura 3.94 Costo anual de las demoras de los camiones de carga en 2023, por segmento carretero del eje Circuito Transístmico (cifras en pesos)

Por lo que respecta a las velocidades promedio de los camiones de carga sobre este eje, se estimaron valores en un rango de 60 hasta 85 km/h. Entre 2018 y 2023, no se presentaron caídas relevantes de la velocidad, tal y como puede apreciarse en la Figura 3.95. En otras palabras, puede destacarse que, en el periodo de análisis, todos los tramos mantuvieron la misma velocidad, por tanto, puede interpretarse que la fluidez es aceptable.

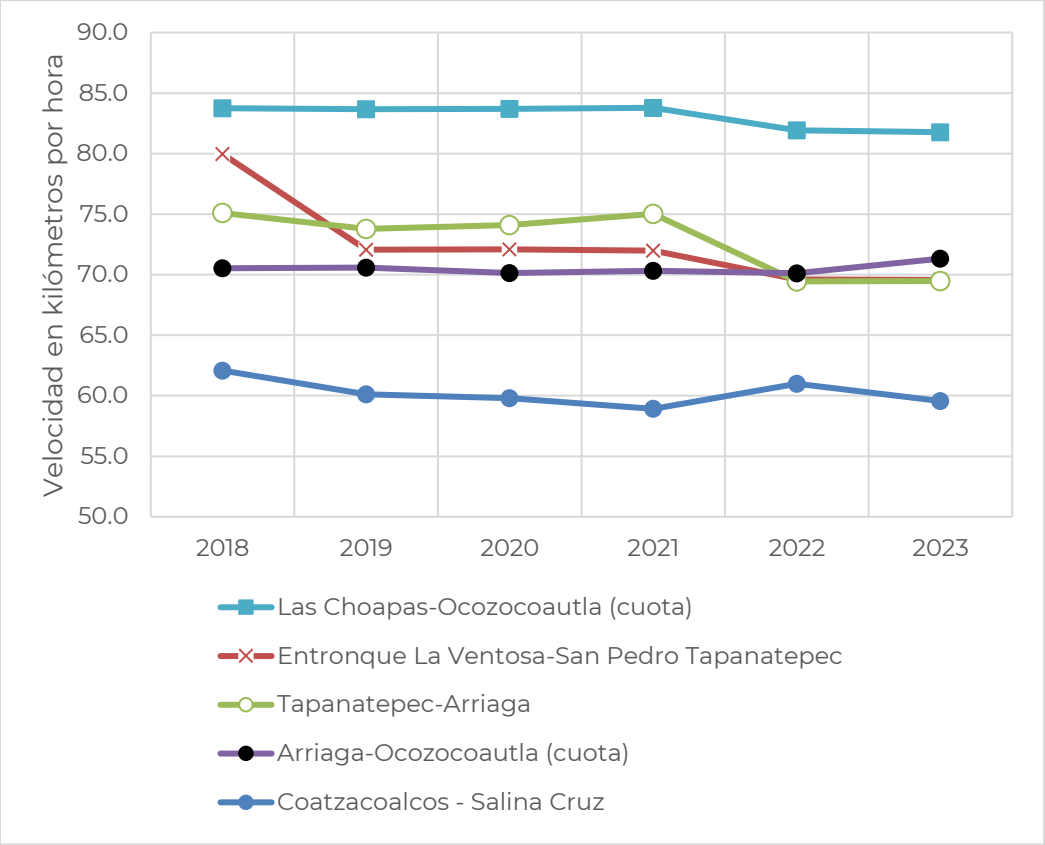


Figura 3.95 Velocidad promedio de los camiones de carga por segmento carretero del eje Circuito Transístmico

Con relación al número de horas de demora de los camiones de carga en este corredor, se encontró un comportamiento estable entre 2020 y 2023, similar al costo de las demoras, con una tasa de crecimiento media anual de 0.01 %, excepto en el año 2020 con motivo de la pandemia. En 2023, se estimó un poco más de 2.6 millones de horas por demora, que representa 0.5 % del total de los 15 ejes troncales y que puede considerarse poco significativo. En la Figura 3.96, se muestra el número de horas de demora, de 2018 a 2023, sobre este eje carretero, en el cual puede destacarse una variación apenas de -7.4 %, entre 2021 y 2023.

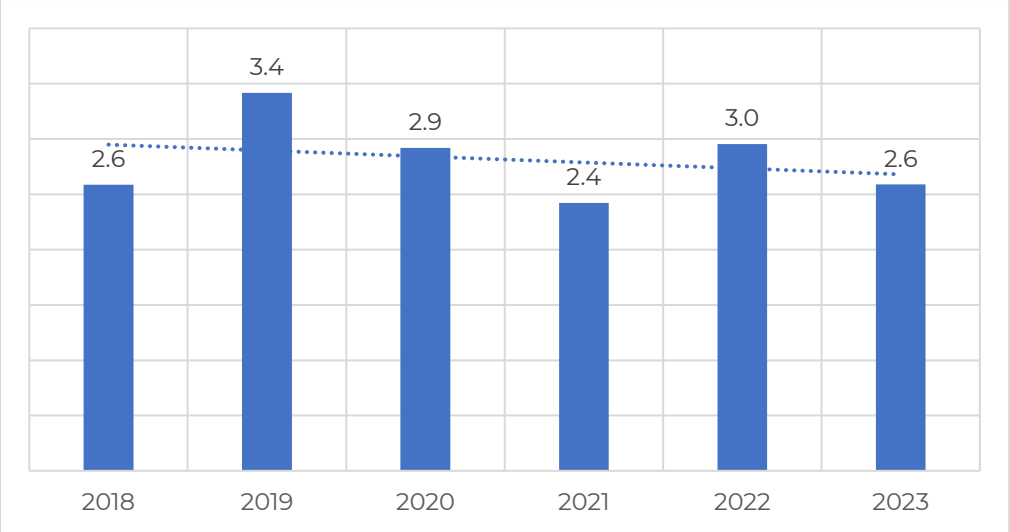


Figura 3.96 Tiempo de demora de los camiones de carga por año en el eje carretero Circuito Transístmico (millones de horas)

En la Figura 3.97, puede observarse que en 2023 los tramos carreteros que componen este eje troncal, apenas rebasan el medio millón de horas (0.6 millones) de demoras de los camiones de carga, con una tasa de crecimiento media anual de -7.4 %, con lo cual, no pudo regresar a la cantidad de demoras en 2019 (antes de la pandemia). Esto significa que dichos tramos mantuvieron sus flujos vehiculares después de la pandemia.

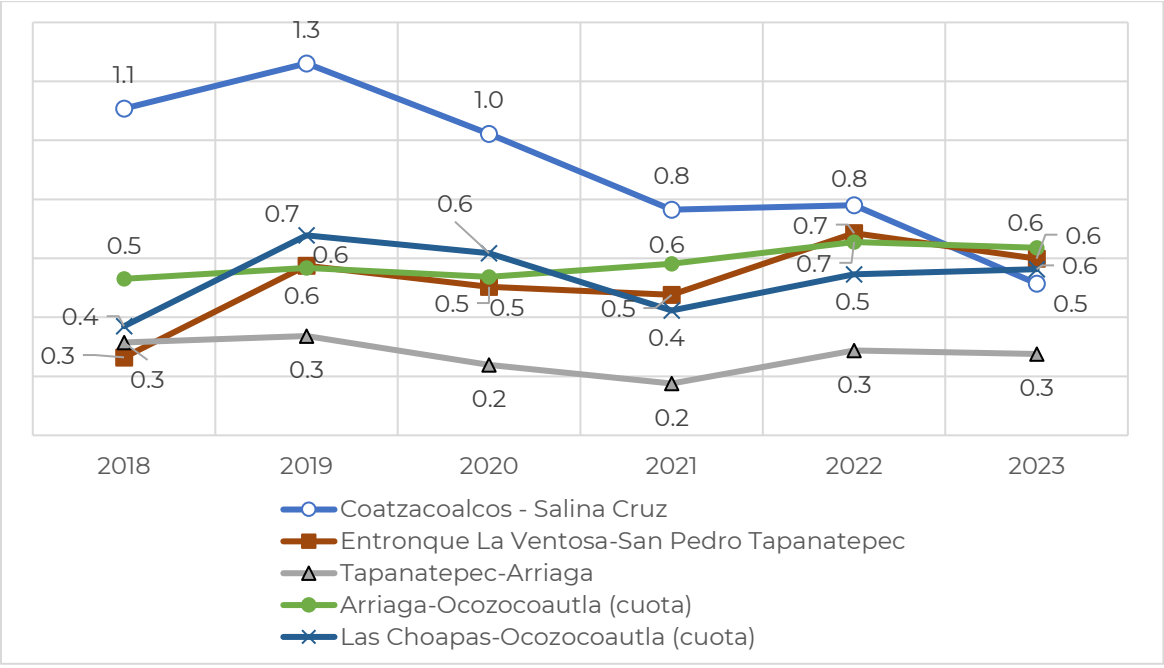


Figura 3.97 Tiempo de demora de los camiones de carga por año, en el eje Acapulco-Veracruz Circuito Transístmico (millones de horas)

Conclusiones

En términos generales, las tendencias troncales muestran un patrón muy similar en la evolución del crecimiento del costo de las demoras del autotransporte de carga. Incluso, durante la pandemia, la contracción del costo parece que se desarrolló en la misma proporción en todas los ejes troncales y sus segmentos carreteros. Dicho esto, se prevé que el costo de las demoras aumentará en la medida en que se retrase la modernización de la infraestructura carretera, porque el TDPA no detendrá su crecimiento. De hecho, el mismo parque vehicular para el servicio público de transporte se incrementa anualmente con una tasa de 6.0 %, según estadísticas de la DGAF, por un aumento en la demanda y, en menor medida, por la subutilización de las unidades debido a fallas de coordinación en la cadena de suministro.

Como es vidente en los resultados, se encontraron diferencias significativas del TDPA en los ejes troncales, que pueden explicarse porque en las regiones del país se presentan condiciones económicas y de infraestructura muy diferenciadas. Ciertamente, los segmentos de mayores costos de demoras se ubican en el eje carretero México - Nuevo Laredo, que cuenta con una infraestructura amplia que parte de la Ciudad de México, y cruza ciudades muy importantes como Querétaro, San Luis Potosí y Monterrey. En el mismo tenor se encuentra el eje Querétaro - Ciudad Juárez, que cruza un grupo de ciudades con gran expansión industrial y económica, como Irapuato, León, Aguascalientes, Chihuahua, Torreón, Gómez Palacios, entre otras. En tal virtud, todo parece indicar que el costo de las demoras del autotransporte de carga, en ambos ejes carreteros, se ve fuertemente influenciados por el crecimiento económico de las ciudades que atienden. Por ejemplo, la Ciudad de México y el Estado de México, que en 2022 presentaron un crecimiento del PIB de 14.6 y 9.0 %, respectivamente; mientras que el estado de Nuevo León, con un PIB de 8.0 %, parece favorecer el aumento del TDPA en sus segmentos carreteros más importantes, tales como Saltillo - Monterrey y Ciudad de México - Querétaro, que impulsan el incremento de los costos de demora de los camiones de carga, sin embargo, no se debe olvidar, que este último tramo carretero, también ha estado en constante remodelación en los últimos años y que ha afectado de manera importante los costos.

Con el efecto pandémico de 2020, se experimentó una reducción de los niveles de congestionamiento en carreteras, lo cual derivó en una

significativa disminución de los costos de demoras en los camiones de carga, por la obligación de quedarse en casa y trabajar a distancia, pero, sobre todo, por la reducción de la producción industrial. No obstante, esta tendencia es claro que no se supo aprovechar dicho fenómeno para reducir los costos, pues la gran mayoría de los establecimientos regresaron a sus actividades de manera presencial, generando los mismos o más altos costos de demora. Está claro que el trabajo en casa será muy importante para las futuras generaciones.

Con base en los resultados alcanzados, pudo identificarse un fenómeno oculto que está a la vista de todos, y que, sin embargo, no es considerado en los planes de desarrollo de nueva infraestructura. Los costos que sufre el autotransporte de carga por las demoras, derivadas de un incremento del TDPA, es una fuente de información que da lugar a identificar nuevos proyectos que coadyuven a mejorar las condiciones de tránsito por la red carretera. El costo de la demora del autotransporte de carga es un factor relevante que ayuda a justificar la aprobación de presupuestos para la inversión en infraestructura carretera. Es importante recalcar que los problemas de congestión propician deficiencias en la infraestructura carretera, aumentan los riesgos, merman la seguridad, provocan daños a los vehículos generando costos de reparación, y hasta la posible pérdida de la vida.

Con base en el análisis de los resultados del costo de las demoras de los camiones de carga, en los ejes troncales del país, se observa una tendencia creciente a tasas moderadas debido a un TDPA que no dejará de crecer en la red nacional. El desfase que existe entre dicho crecimiento y la modernización de la red carretera, pone en riesgo un aumento desmedido en ciertas regiones del país. También, es importante destacar que las demoras en las carreteras, además generan efectos ambientales negativos y altos costos, por elevado consumo de combustible al estar en ralentí el motor.

Por último, es recomendable que este informe se realice cada año, con el fin de conocer la evolución de los costos de las demoras, y con ello encontrar los cuellos de botella o congestionamientos de mayor impacto. Sin embargo, es muy importante concertar esfuerzos con los generadores de la información, con objeto de disponer de las bases de datos conforme son requeridos en la metodología.

Bibliografía

Anas, A. (2020). The cost of congestion and the benefits of congestion pricing: A general equilibrium analysis. *Transportation Research Part B: Methodological, 36*, 110-137. https://doi.org/10.1016/j.trb.2020.03.003

Afrin, T. & Yodo, N. (2020). A Survey of Road Traffic Congestion Measures towards a Sustainable and Resilient MDPI Journals, *Sustainability 2020, 12*, https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4660

Bull, A. (2003). *Congestión del tránsito. El problema y cómo enfrentarlo*. Santiago de Chile: CEPAL y GTZ.

High Dynamic Range [HDR] (2009). *Assessing the Full Costs of Congestion on Surface Transportation Systems and Reducing Them through Pricing* [February, 2009]. USA: Office of Economic and Strategic Analysis, U.S. Department of Transportation [Archivo PDF]. https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/Costs%20of%20Surface%20Transportation%20Congestion.pdf

Jiménez, E. (2023). Evolución de la industria del autotransporte de carga en México en el período 2000-2020. [Publicación técnica No. 748]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF]. https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt748.pdf

Secretaria de Comunicaciones y Transportes. (SCT, 2016). *Manual para obtener los volúmenes de tránsito en carreteras*. [Archivo PDF]. https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Manuales/manual_volumen_de_transito/Manual_volumenes__2016_v2.pdf

Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. (SICT, 2024). *Mapas temáticos*. [Archivo PDF]. https://www.sct.gob.mx/fileadmin/DireccionesGrales/DGST/Mapas_Tematicos/2.-Rangos_19_35.pdf

Torres, G, González, A, Arroyo, A, Hernández, S, & Cruz, G. (2021). Valor económico del tiempo de recorrido de las mercancías 2018-2019 de utilidad en el análisis costo beneficio de proyectos de infraestructura carretera. [Publicación técnica No. 615]. México: Instituto Mexicano del

Transporte. [Archivo PDF]. https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt615.pdf

Torres, G, González, A, Arroyo, A, & , Hernández, S. (2018). Estimación de niveles de servicio y velocidades de operación en segmentos de carreteras de dos carriles y carriles múltiples aplicación del Highway Capacity Manual. [Publicación técnica No. 525]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF]. https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt525.pdf

Torres, G, González, A, Hernández, S, Arroyo, A, & Cruz, G. (2015). Estimación del valor económico del tiempo de recorrido de las mercancías como insumo en el análisis costo-beneficio de proyectos de inversión en infraestructura carretera. [Publicación técnica No. 455]. México: Instituto Mexicano del Transporte. [Archivo PDF]. https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt455.pdf

Transportation Research Board [TRB]. Highway Capacity Manual 2010. [Archivo PDF]. https://www.jpautoceste.ba/wp-content/uploads/2022/05/Highway-Capacity-Manual-2010-PDFDrive-.pdf

VICADI (2024). *Software Trucking Cost Driver System*-Mi Tarifa Justa®. VICADI, Logística y Transporte. Distribuidor autorizado [mitarifajusta@gmail.com].

Zhi, Ch, Min-Seok, P, Pavlou, P. (2020). Mitigating Traffic Congestion: The Role of Intelligent Transportation Systems. Information Systems Research 31(3): 653-674. https://doi.org/10.1287/isre.2019.0894

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Km 12+000 Carretera Estatal 431 “El Colorado-Galindo”
San Fandila, Pedro Escobedo
C.P. 76703
Querétaro, México
Tel: +52 442 216 97 77 ext. 2610

publicaciones@imt.mx

http://www.imt.mx/